SAGGIO

SULL' ACQUE CORRENTI

DEL CONTE SENATORE

FRANCESCO MENGOTTI

MEMBRO DELLA LEGION D'ONORE
CAVALIERE DELLA CORONA DI FERRO
E SOCIO DI MOLTE ILLUSTRI ACCADEMIE

PARTE PRIMA

MILANO
CO' TIPI DI LUIGI MUSSI
M. DCCC. X.

PARTE PRIMA

CAPO I.

Origine ed importanza della scienza dell' acque. Oggetto e piano del presente Saggio.

La scienza de' fiumi, dopo i secoli della barbarie, può dirsi nata e cresciuta in Italia, dove particolari circostanze influirono al suo sviluppo e al suo progresso [a].

Questa bella penisola è da una parte cinta, come ognun sa, e per tutta la sua lunghezza divisa da gran catene di montagne.

Siffatta organizzazione le dà, è vero, per una parte un prezioso vantaggio, quello cioè di essere copiosa d'acque correnti, e di poter irrigare, e render fertili e ridenti le sue costiere e i suoi piani.

[a] Font. *Hist. de l' Acad. des sciences an.* 1710
Montucla *Hist. des Mathéae, tom.* 2
Poleni *Del Mot. misto dell' acque lib.* 1 *cap.* 29 *e seg.*
Frisio *De' Fiumi e Torr. in prefaz.*

Ma però da un altro canto queste stesse catene di montagne, arrestando i vapori, le nuvole, e i nembi gravidi d'acque, rendono l'Italia, singolarmente fra i monti e nelle valli, dove sono cacciate e spremute le nubi, sottoposta a lunghe e dirotte pioggie, a gran depositi di nevi, ed a terribili escrescenze di torrenti e di fiumi.

Gli effetti di queste locali circostanze si fecero sempre, e si fanno pur troppo ancora sentir vivamente sulle rive del Tevere, dell'Arno, e d'altri fiumi, ma più assai che altrove in questa grande e magnifica vallata, per cui passa il Po co' suoi trenta influenti e tributarj.

Egli è dunque naturale, che si applicassero di buon' ora gli animi degl'Italiani ad indagare le leggi dell' acque correnti, non meno che i mezzi di frenarle e di reggerle, non solo per ripararsi dal loro furore nei momenti pericolosi delle piene, ma per trarne dappoi anche profitto; giacchè sono appunto i fiumi come i temperamenti collerici: passato il primo sdegno sono benefici e generosi.

A questa fisica costituzione d'Italia si aggiunsero le celebri controversie, e le animose gare suscitate dai contrarj sentimenti ed interessi dei molti piccioli stati e signorie, che si trovavano sulle stesse, o sulle opposte sponde di un medesimo fiume.

Or questi urti e conflitti tra popoli vicini e rivali sono quelli appunto, che accendono più di ogni altra cosa le passioni e gl'ingegni, e che con una specie di attrito fanno uscir fuori le scintille del genio.

Senza di ciò non avremmo forse avuto il Castelli, il Guglielmini, il Manfredi, il Grandi, lo Zendrini, e tanti altri illustri scrittori.

Ma qualunque sieno le cagioni che diedero impulso agl'Italiani di applicarsi i primi agl'idraulici studj, certo è, che non vi poteva essere, nè vi è, come mi sembra, oggetto, che più meriti di essere attentamente contemplato, quanto quello dell'acque correnti. Lo spettacolo che presenta è interessante in ogni aspetto.

L'acqua corrente è quella, che si piega con tanta docilità e condiscendenza a tutti i bisogni, ai comodi ed ai piaceri dell'uomo: che zampilla nelle fontane de' suoi giardini, che mormora ne' suoi ruscelli, che innaffia ed infiora le sue praterie: essa gli muove l'incudine per fabbricar l'aratro da fender la terra, e gli ordigni prodigiosi delle arti, che ci moltiplicano con tanta utilità le braccia e le mani: essa si compiace di passar per mezzo alle nostre città popolose, e di portarci fin sulle soglie delle nostre abitazioni le derrate, e le merci delle vicine e delle remote contrade.

Ma questa stessa acqua corrente così benefica, così docile, e quasi serva dell'uomo, diviene spesso feroce e terribile, e ci reca immensi danni e desolazioni.

Non v'è alcuno di noi, che non sia stato testimonio e spettator di sciagure e di rovine, allorchè i venti australi ci portano le lunghe e stemperate pioggie, o liquefanno col caldo lor soffio le nevi che coprivano le montagne. Allora i torrenti ed i fiumi, sormontando, o squarciando gli argini da cui erano trattenuti, assalgono furiosamente le città e le campagne, spargendo da per tutto lo spavento e la strage.

Ora la scienza dell'acque non solo ha per oggetto di piegarle e dirigerle, come si è accennato, ai nostri usi e bisogni, ma quello altresì di preservare dalle loro incursioni le nostre frequenti città ed ubertose provincie.

Perciocchè la provvidenza, che sempre tempera i mali coi beni, sembra che abbia posto la maggior vegetazione presso ai fiumi più grandi e formidabili, affinchè l'industria, che si addormenterebbe in seno dell'abbondanza, sia spesso risvegliata dal timor dei pericoli e dei danni; ed all'incontro la paura di questi, che produrrebbe la emigrazione e la solitudine, sia ritenuta dall'aspetto della copia e della immensa generosità del terreno.

Ma se non può essere maggiore, nè più manifesta la importanza ed utilità della scienza dell'acque, conviene però confessare, che non ha essa finora ottenuto generalmente quel grado di fiducia che aver dovrebbe.

Ciò deriva, per mio avviso, da più cagioni:

In primo luogo dalle naturali difficoltà dell'idraulica. La estrema picciolezza delle parti dell'acqua, l'infinito loro numero, l'azione delle une sulle altre, la loro fluidità, ed insieme una certa adesione e quasi vincolo fra esse, la incostanza e varietà de' moti nel loro corso, queste ed altre cose non ben note, o difficili ad estimarsi, mantengono ancora, dopo tutto ciò che si è scritto e fatto tra noi, gravi dubbiezze e discrepanze di pareri su' varj punti, ed interessanti problemi.

Tal è, per esempio, quello di conoscere l'assoluta velocità e quantità d'acqua, che passa per una riviera, dove i moti sono ad or ad ora perturbati da tante cagioni: dove s'incontrano mille opposizioni e resistenze nel fondo e nei lati: dove le contraccorrenti, che si ravvisano spesso lungo le ripe, agiscono in contrario senso della direzione del fiume: dove la continua vicenda delle pendenze degli alvei ora sprona, ora frena l'impeto dell'acque: dove le tortuosità

e gli angoli delle sponde, le ripercussioni e i vortici che ne derivano, gli urti delle confluenze, le vene e polle d'acqua che sgorgano dai fianchi, o scaturiscono dal fondo del letto, i dossi, i renai, le ghiaje, i corpi occulti e sommersi, i canneti, le melme, e innumerabili altre cause portano ad ogni passo alterazioni notabilissime nel movimento de' fiumi. Perciò se un problema riesce tanto più arduo a risolversi, quanto più crescono i dati, e le condizioni che devono combinarsi, è duopo confessare, che quello di calcolare l'assoluta velocità e quantità d'acqua delle riviere sia uno de' più difficili e complicati.

Ora non è da sorprendersi, se le regole che furono date per la soluzione di questo e di simili problemi, si trovano fra esse discrepanti, e se quindi sul loro merito e valore sono pur divisi i pareri [a].

[a] Nel trattare queste materie fisiche li Matematici poco ci ritrovano il loro conto per le infinite circostanze, che variamente accompagnandole, ne alterano gli effetti, e fanno riuscir vano ogni tentativo di ridurli ad una perfetta regola. Grandi *del Movim. dell' acque cap. 5 scol. della prop.* 34.

In una massa di fluido, che si muova in qualunque tubo o canale, è infinito il numero de' corpi, che agiscono insieme. Dunque il determinare il moto di ciascun d'essi è un problema, che dipende da infinite equazioni, e che supera tutte le forze dell'Algebra. Frisio *de' Fium. e Torr. lib.* 2 *cap.* 1.

Il definir la legge, con cui le celerità assolute decrescono coll'allontanarsi le parti dell'acqua dalle più celeri, o coll'avvicinarsi ai corpi resistenti, con li soli principj teoretici, ella è un' impresa se non impossibile, certamente difficilissima Michelot. *Sperim. idrau. tom.* 1 *cap.* 3 *n.* 117.

In secondo luogo le famose controversie, che abbiamo indicate, e che menarono tanto rumore per più di due secoli, furono, non v'ha dubbio, di acre stimolo agl'Italiani per coltivare l'idraulica. Ma sciaguratamente sorgono insieme quasi sempre da questi urti e contrasti li partiti e le sette, le quali, come si sa, non si fecero mai pregio di docilità e di moderazione.

Egli era dunque ben facile, che in quelle calde risse e contese idrauliche si frammischiassero alle dottrine, secondo le proprie mire ed interessi, anco le opinioni particolari, e si difendessero ostinatamente dai loro partigiani e seguaci.

Le cose in questa lizza furono spinte a tal eccesso, che qualche idraulico, per più segnalarsi, giunse perfino a sostenere, che tutto era incertezza ed errore nella scienza dell'acque. È già molto antica l'industria di mercar fama col dir male dell'arte propria, in quella guisa che alcuni si fecero ricchi col declamar contro le ricchezze.

Ma certo è, che queste animosità, e contraddizioni, non erano molto proprie a far nascere la fiducia e la stima per l'idraulica.

Finalmente gli uomini sommi, che trattarono della scienza dell'acque la vestirono, a dir vero, fors'anche

per toglierla alle disputazioni degli idioti, di figure geometriche e di formole algebraiche per modo, che venne a comparire una scienza ispida, spinosa, ed inaccessibile al comune degli uomini. Quindi molti si tennero lontani da uno studio stimato un gineprajo, ed altri si contentarono di porlo in ridicolo; giacchè questa fu sempre la maniera più comoda per consolarsi di ciò che non si sa, o non si giunge ad intendere.

Or tutte queste cagioni contribuirono, qual più, qual meno, a rendere, o a far credere, scabrosa e complicata la scienza, a far pullulare da per tutto i dubbj e le quistioni, ed a portare l'incertezza sulle più sane dottrine, confondendo i veri principj, e le leggi della natura, con li sistemi, e con le opinioni degli uomini.

Nacque da ciò il tristo effetto, che ad ogni operazione proposta pel miglior regolamento de' nostri fiumi, e per la difesa e sicurezza delle nostre provincie, sorsero contrasti, opposizioni, titubanze, indugi, e intanto i fiumi continuarono a desolarle.

In tale stato di cose mi sembra, che si renderebbe all'universale, ed alla scienza stessa un buon servigio, se dato ne fosse un saggio con metodo più chiaro, più semplice, e più a portata della comune intelligenza.

Io non so, se potrò essere così felice da conseguire, almeno in qualche parte, un sì utile oggetto. Siami

lecito solo di tentarlo, e di lasciar tacere alcun poco la politica Economia.

Benchè non è già essa insociabile con l'idraulica: anzi l'una può meglio dirsi compagna dell'altra. Che gioverebbe il predicar l'agricoltura, l'industria, e il commercio in un paese, che fosse in preda d'acque indisciplinate, e divenisse una palude? In Egitto ambedue queste scienze si davano la mano, e camminavano a paro.

Io dividerò dunque il mio soggetto in due parti.

Nella prima indicherò con la scorta di lunghe osservazioni ed esperienze, quali possiamo credere che sieno le provvide viste della natura, e quali le leggi da essa seguite, e da noi finora conosciute, nel movimento de' fiumi dalle loro sorgenti sino alle foci.

Nella seconda parlerò delle ipotesi e dei sistemi, che furono immaginati dai più chiari idraulici, come pure dei benemeriti tentativi da essi fatti nel silenzio de' loro studiosi ritiri, o sulle rive romorose de' torrenti e de' fiumi per conoscerne i fenomeni, e per ispiegarne le cause.

Così sarà tirata una linea di demarcazione, che mi sembra dover essere di non poca utilità in questo studio. Si vedrà ciò che si può stimar finora di sapere accertatamente nella scienza de' fiumi, e ciò che ri-

mane ancora d'incerto e contenzioso; ciò che non si può non ammettere senza far torto alla esperienza, ed alla ragione, e ciò che ha bisogno di nuovi esami, e di nuove osservazioni, per poter essere adottato fondatamente, e con sano giudizio.

Ed affinchè non solo il filosofo e il solerte indagator della natura, ma ogni padre di famiglia e proprietario di terreni esposti alle invasioni dell'acque, possa rendersi familiare questa scienza, aggiungervi le sue proprie osservazioni ed esperimenti, e portarla in tal modo, ch'è l'unico e da lungo tempo augurato, a più felici progressi; ho creduto di prescindere possibilmente dai calcoli e dimostrazioni matematiche, ben persuaso, che non sia l'idraulica per perder nulla della sua dignità, se ridotta in abito più semplice, e fatta più popolare ed affabile discenda a dimesticarsi con tutti, ed a parlare il linguaggio comune [a].

[a] Un'abbondante raccolta di notizie di fatto ben sicure, e con replicati esperimenti accertate, oh quanto buon capitale sarebbe, per accingersi all' impresa tanto necessaria e tanto bramata di stabilire e fondare le massime più essenziali, che mancano in questa scienza dell' acque! Grandi *Disc. prelim. al mov. dell'acque.*

Quanti scrittori idraulici fanno voti, che si metta mano all' esperienze e ne presagiscono l'utilità! ma i loro voti non sono ascoltati. Lecchi *Drost. esamin. in pref.*

Io riguardo l'idraulica come una parte della fisica, piuttostochè della matematica, o come una parte della matematica, i cui progressi fatti e da farsi sono puramente ipotetici, e limitati a certi casi, che forse nella natura non hanno luogo. Frisio *de' Fium. e Torr. lib.* 2 *cap.* 1.

In grazia pertanto della pubblica istruzione oso lusingarmi, che non sia per essere disapprovato il metodo più facile e piano, che mi sono proposto di seguire, e che mi si condoneranno le immagini, e li paragoni anche i più familiari, con cui mi sforzerò di spiegare, o meglio illustrare, le più astruse dottrine dell' acque correnti.

CAPO II.

Della unione delle acque in fiumi.

Se si considera una serie, o catena di montagne, si vede, che ricevono e tramandano giù per le loro falde e pendici le acque, che cadono dal cielo, come fanno nelle città le tegole de' nostri tetti, che dandosi mano una coll'altra, e porgendosi successivamente l'acqua, la raccolgono nella doccia comune della grondaja, d'onde si formano que' getti e que' rivi, che noi veggiamo per le strade, massime negli acquazzoni della state. Tutti codesti rivi non capiscono talora nell'acquidotto, o scaricatojo pubblico, e fanno lago.

Questa è appunto una immagine del modo, con cui dalle spalle e dalle coste delle montagne scorrono giù per la china, e si radunano nelle valli le acque, che formano i ruscelli, li torrenti, ed i fiumi.

Gettiamo l'occhio all'azzardo sopra un qualche paese, per esempio sopra la Spagna.

Li Pirenei, che la dividono dalla Francia, e le montagne di Castiglia, che sorgono quasi paralelle ai primi, lasciano un grande spazio nel mezzo, che viene occupato dall'Arragona e dalla Catalogna.

Qui è naturale, che vi debba essere un fiume riguardevole. Vi è di fatto il fiume: esso è l'Ebro.

Li due opposti dorsi de' Pirenei, e delle montagne di Castiglia, sono appunto li due tetti immensi della Spagna settentrionale: le valli, che sboccano nella bassa parte Arragonese e Catalana sono le grondaje: l'Ebro è il comun recipiente, o il grande scaricatojo generale, che conduce al Mediterraneo il convoglio di tutte le acque.

Ma, per farsene un'idea ancora più chiara, rimontiamo un poco sulla cima degli stessi Pirenei, che abbiamo or ora varcati, e fermiamoci a guardare verso la Francia, giacchè le montagne sono anche in ciò somiglianti ai tetti delle nostre città, che hanno esse pure i loro colmi o vette a un di presso in sul mezzo, e i loro lati o declivj, l'uno all'altro contrarj.

Codeste vette delle montagne sono appunto i confini stabiliti dalla natura alla giurisdizione de' fiumi. Questi sono i confini per l'ordinario anche delle lingue, dei costumi, e degli imperj.

Quindi gli antichi sulle groppe de' monti avevano posto delle Ninfe, che stavano versando l'acque delle lor urne, l'una per un pendio del monte, l'altra per l'altro, ed ognuna vegliando sul proprio fiume che aveva in tutela. Per verità l'abitazione di queste Dee

non era molto aggradevole, ma la favola esprime assai bene l'uffizio delle montagne, rapporto alla origine e distribuzione delle riviere.

Dunque il rovescio de' Pirenei, ch'è rivolto alla Francia, ricevendo esso pure, e tramandando giù per le valli le acque delle sue pioggie, e delle sue nevi, dovrebbe dar origine ed alimento a qualche gran fiume. La congettura è giusta: ecco la Garonna, che raccoglie quasi tutti i torrenti della parte boreal de' Pirenei, e de' monti opposti di Linguadocca.

E se dai Pirenei passiamo alle nostre Alpi, ed agli Apennini, noi vedremo, che dove questi si alzano per lungo tratto dirimpetto a quelle, come nella Lombardia, vi è, ed esser vi deve il fiume re de' fiumi italiani, il Po, perchè d'ambo i lati, andandosi a raccogliere nel suo seno un gran numero d'influenti, che cadono dall'una e dall'altra catena delle opposte montagne, vi si deve necessariamente formare una vasta colonna d'acque.

Per lo contrario dove l'Apennino cessa di essere opposto alle Alpi, e si distende da se solo lungo l'Italia formandone in certo modo la spina dorsale, d'uopo è che siano, e sono in fatto, assai minori li fiumi che ne discendono, perchè non vengono nutriti, che dalle acque separate di una sola parte, e pendice dell' Apennino stesso.

Quello che ho detto dell'Ebro, della Garonna, e del Po, conviene del pari all'Elba e al Danubio, al Gange e all'Eufrate, al Nilo ed al Negro, e alli due più gran fiumi del mondo, al Mississipì, e al Rio delle Amazzoni, li quali avendo una vasta estensione di montagne, che porgono loro tributo d'immense acque, sono anche per conseguenza più grandi e più possenti degli altri; giacchè la potenza, date tutte le altre cose pari, è sempre in ragione della estension dell'impero.

Ora da questa fisica costituzione, e disposizione de' monti, delle valli, e delle costiere, si scorge chiaramente, che per provvida legge di natura le acque, che cadono dal cielo, tendono ad unirsi insieme, e ad aggregarsi in fiumi.

Se ciò non fosse, la superficie della terra sarebbe continuamente coperta di acque inerti e stagnanti, che non lascierebbero nè abitarla, nè coltivarla. Ma riducendosi tutte le acque di un paese in una gran massa, che dicesi fiume, vengono ad occupare una parte infinitamente minore del suolo, lasciando sgombre e libere le altre parti all'albergo degli uomini, ed all'agricoltura.

Se si volesse, per esempio, svolgere, e distendere tutta la quantità di veli, che può formare il carico

di un solo naviglio, quale spazio non ne rimarrebbe coperto?

Non altrimenti li veli dell'acqua, dispersi e distesi sulle campagne, farebbero da per tutto lago e palude; laddove raccolti tutti codesti veli, o strati, e sovrapposti gli uni agli altri compongono un fiume, che viene ad occupare, come si è detto, uno spazio infinitamente minore.

Non basterebbe però che le acque si congregassero in fiumi, ma fa di mestieri ancora, che questi abbiano un certo grado di velocità per dare uno sfogo alle medesime, siccome, per isgombrare sollecitamente una vasta pianura dagli innumerabili bagagli di un' armata, non basta caricarli sopra carri, e ridurli così a minore spazio e volume, ma conviene altresì far muovere da cavalli, e sfilare i carri l'uno dopo l'altro il più velocemente che fia possibile.

Il Po, da Cremona al mare, ha la distanza di circa cento sessanta miglia. La sua velocità, in tempo di piena, si calcola a un dipresso di miglia otto all'ora. Dunque il gran tronco del Po, da Cremona al mare, passa in tempo di piena, e si vota tutto in vent'ore.

Ora se si arrestasse all'improvviso il corso del Po, o si rallentasse in guisa, che divenisse pigro, e quasi stagnante, qual immensa accumulazione d'acque non

si farebbe in brevissimo tempo dal rapido afflusso, e dall'ammonticchiarsi di tanti torrenti, e di tanti fiumi, che discendono dalle Alpi, e dagli Apennini, e che, non trovando più sfogo, sarebbero costretti a regurgitare per ogni dove, e a rovesciarsi su tutti i paesi? La Lombardia diverrebbe in pochi giorni uno stagno.

Se dunque chiara è la provvidenza della natura nell'unire le acque minori alle maggiori, non lo è meno quella d'imprimere loro un movimento, e renderle correnti.

E siccome la medesima sa ottenere più effetti con un solo e semplice mezzo, così è degno di osservazione, che con la unione de' fiumi non solamente essa riduce le acque ad uno spazio minore, ma le rende altresì più capaci di mantenere il necessario loro movimento.

Perciocchè diminuendosi prodigiosamente, come si è veduto, la loro superficie, a misura che si uniscono in massa, viene pure a scemarsi in proporzione il soffregamento, ed attrito, che soffrirebbero sul fondo, e nei lati, se fossero tutte divise, e se disperse e disseminate dovessero, per dir così, strascinare il corpo sul suolo per uno spazio immenso, e per mezzo ad infinite asprezze, inuguaglianze ed ostacoli. Oltre di ciò l'altezza del corpo d'acqua, e il peso, o pressione

delle parti superiori sopra le inferiori, contribuisce al loro movimento.

Per tali motivi appunto possono i gran fiumi conservar lungamente la velocità concepita, benchè sieno ridotti a camminare sopra piani quasi orizzontali, come si vedrà meglio in appresso.

Qualora dunque vi sia questione, se si debba concedere l'ingresso in un fiume reale ad uno de' fiumi minori, ch'è naturalmente diretto ad unirvisi, o se abbia ad esserne allontanato, costringendolo a portar da se solo le sue acque separate al mare, l'esempio della natura decide più per il primo che per il secondo partito, tendendo essa sempre per grandi e provvidissimi fini alla unione dei fiumi minori nei maggiori [a].

Per l'opposto allorchè si tratti di fare un taglio, o una qualunque diversione ad un fiume, conviene usare di una somma circospezione e cautela, e non risolversi mai a tal passo, se non per gravissime e particolari ragioni, perchè si anderebbe contro la indicazione ordinaria, e più frequente della natura.

[a] È un artifizio assai rimarcabile della natura quello di accoppiar fiumi a fiumi, e di mandarli così uniti a sboccar in mare. Guglielm. *della Nat. de' fium. cap.* 9.

Diminuendosi infatti con la diversione la massa delle acque, e quindi ritardandosi il loro corso, accade spesso, che in luogo di liberare il tronco principale dalla temuta ripienezza, e di procurare al fiume un sollievo, si venga a produrre un effetto totalmente contrario, e mentre si cerca di evitar le inondazioni, si rendano ancora più frequenti, e micidiali. Così nel corpo umano, credendosi talora con le cacciate di sangue alleviare l'infermo, e dar moto alla lentezza degli umori, si accresce con la spossatezza la cagion del lentore, e si aggrava la malattia.

Questo è il motivo, per cui, essendo insorta la famosa contestazione nel Senato di Roma sotto Tiberio, se per ovviare alle inondazioni del Tevere si dovesse divertire da esso la Chiana, e farla entrare in Arno, prevalse finalmente il consiglio di lasciar le cose nello stato, in cui le aveva poste la natura [a].

E parlando della Nera, che si voleva parimenti divertire dal Tevere per farla camminar sola e separata fino al mare, riflettevano i popoli interessati, o piuttosto rifletteva Tacito sensatamente al suo solito,

[a] Optime rebus mortalium consuluisse naturam, quæ sua ora fluminibus, suos cursus, utque originem, ita fines dederit. Tacit. *Annal. lib* 1 *n.* 79.

che dispersa e divisa avrebbe, ristagnando, allagate e sommerse le campagne [a].

E certamente anche il Tevere impoverito d'acque avrebbe dovuto rendersi più lento, fare maggiori deposizioni, rialzare il proprio letto, e produrre inondazioni più frequenti, e più estese.

Da ciò pur si conosce l'aggiustatezza di quel passo di Plinio il seniore nella sua storia naturale, l'Enciclopedia degli antichi, ove, parlando del Po, dice, che la gran mole dell'acque è quella che lo spinge, e che gli fa escavar l'alveo profondamente [b].

Resta spiegato in tal modo anche il passo dell'altro Plinio il giovane, ma degno del nome, allorchè sul proposito del fiume Clitunno riflette, che il suo corso dipendeva meno dal declivio del suolo, che dalla massa delle acque [c]

Ma se la natura provvidamente riunisce insieme le acque in fiumi, e le rende correnti, con qual artifizio imprime poi loro il movimento necessario, e in qual modo tempera essa, e governa la velocità dell'

a Pessum ituros fœcundissimos Italiæ campos, si annis Nar, in rivos diductus, superstagnavisset *Id. ibid. ut ante.*

b Urgetur quippe equarum mole, et in profundum agitur. Plin. *Hist. nat. lib.* 3 *n.* 20 *de Pado.*

c Inde non loci devexitate, sed ipsa sui copia, et quasi pondere impellitur: fons adhuc, et jam amplissimum flumen. etc. Plin. Secon. *lib.* 8 *ep.* 8.

acque in guisa, che per difetto d'impulso non si arrestino nel corso, nè per eccesso d'impeto abbiano ad acquistar una forza rovinosa e distruggitrice?

CAPO III.

Del rapporto, che ha la massa dell'acque con le pendenze de' piani, su cui scorrono.

Ognuno vede, che una palla, ed ogni corpo grave, nel discendere per un piano inclinato, va sempre più acquistando una velocità maggiore.

Più cresce il declivio del piano, più cresce la forza acceleratrice.

Or l'acqua, ch'è pur anch'essa un corpo grave, segue a un dipresso le medesime leggi, e concepisce tanto più di moto, quanto è maggiore la pendenza del piano, su cui discende.

La pendenza infatti è la causa primaria della sua velocità: essa le infonde ciò che noi chiamiamo spirito dell'acqua; poichè sembra infatti, quando è rapida, che abbia una specie d'anima, e di vita. Perciò diletta talora gli oziosi, o i maninconici, il trattenersi a guardare un rivo, che corre con piede veloce. Li selvaggi passano sovente le giornate intere sulle sponde de' loro fiumi, contemplando le acque che fuggono, e si succedono.

Ma se la pendenza degli alvei è il principio di vita e di moto dell'acque correnti, essa però potrebbe imprimer loro, quando fosse precipitosa, una velocità, ed una forza prodigiosa e terribile.

Allorchè, stando sul pendio d'un colle, si lascia rotolare giù per la china un sasso, si osserva moversi dapprima lentamente, poi crescere il suo moto, indi precipitar furiosamente balzando, e schiantando gli sterpi, e le siepi. Non v'è forse alcuno di noi, che da fanciullo non abbia fatto più volte questo giuoco imprudente e pericoloso.

Ora se tutto il Po scendesse dalle montagne al mare sopra un piano così ripido com'è quello delle Alpi, dove ha l'origine, qual cosa mai potrebbe resistere all'impeto spaventoso di tal fiume? Così si dica del Tago, del Rodano, del Reno, del Volga, e di tutte le riviere. Esse sovvertirebbero ben presto, e distruggerebbero la faccia della terra.

Per temperare, e moderare appunto la velocità, e la forza dell'acque correnti, ha disposto la provvida natura, ch'esse si muovano sopra piani inclinati con tal legge, che la loro massa sia prossimamente in ragion inversa del pendio, sicchè quanto maggiore si fa la pendenza, tanto si diminuisca il volume dell'acqua, ed all'incontro a misura che si minora la pendenza, vada crescendo la mole dell'acqua stessa.

Per tal guisa il ripido declivio imprime e conserva ne' piccioli ruscelli quel moto, che perderebbero ben presto per gli ostacoli, e per l'attrito che soffrirebbero, se camminassero sopra piani, o poco, o nulla inclinati; ed all'opposto la dolce pendenza delle pianure modera e raffrena l'immensa velocità, che concepirebbero i fiumi, se si muovessero in vece sopra piani fortemente declivi, e precipitosi.

Per convincersi appieno di questa saggia legge della natura, rimontiamo passo passo una riviera verso le sue sorgenti.

In questo viaggio, disastroso insieme e piacevole, dalle pianure ai poggi, dai poggi ai colli, dai colli ai monti, dai monti alle montagne, e su per esse fino alle loro vette altissime, e spesso dirupate, noi troviamo sempre decrescere la massa dell'acque, secondo che crescono le pendenze, in quella guisa che partendo dal tronco di un albero, ed andando verso la cima, si vanno i rami sempre più dividendo, ed assottigliando, fino alle loro estremità.

Perciò al piano s'incontrano prima di tutto, a destra e a sinistra della riviera, fiumi, ch'entrano in essa placidamente, per essere già stati ammansati dalla dolcezza del pendio: poi fra i monti, e nelle valli si trovano fiumicelli, e torrenti sempre minori di mo-

le, ma più veloci: indi ascendendo su per l'erta si sente il suono de' rivi, che precipitosamente cadono dai fianchi alpestri de' monti: più in alto si veggono rigagnoli uscire qua e là dall'immenso stillicidio delle ghiacciaje, e delle nevi: alfin salendo a stento fino a piè delle roccie, e sotto i picchi verticali delle montagne, vi si osservano i vapori, e le nebbie, che battono in essi, e si rappigliano in gocciole, formando le prime stille delle acque correnti.

Ed all'incontro tornando indietro per lo stesso cammino, e discendendo dalle creste scoscese delle montagne fino alle basse maremme, e dai primi fili dell'acque sino alle ampie foci delle riviere, sempre si trova, che quanto più si va minorando a mano a mano il pendio, tanto più aumentando si va il corpo e la massa dell'acque correnti.

Chi mai potrebbe adequatamente descrivere, non che imitare, ed eseguire una così prodigiosa, e quasi armonica distribuzione delle acque correnti in guisa, che sempre sieno copiose dove poco è il declivio, minori dov'è maggiore, picciole dov'è grande, minime dov'è massimo? Chi non vede che ciò è provvidamente stabilito, perchè le poche acque non abbiano a mancar di moto, ed arrestarsi nel corso; e le molte per lo contrario non possano acquistare una rapidità, ed una forza sterminatrice?

Per questo appunto la natura ha voluto, che le acque correnti al cominciar sieno goccie, al finir sieno fiumi [a].

Ma oltre ciò merita pure di essere osservata la mirabile gradazion degli ostacoli, che sono distribuiti dalla natura sul cammino, che fanno le acque dai monti al mare. Si vede che sono essi sempre maggiori dove rapido è il pendio, e minori, dove questo vien meno. Ciò tende pur senza dubbio al medesimo fine di temperar giustamente la velocità dell'acque.

Ommetto per ora le selve, che coprono i gioghi delle montagne, e che ritardano in tanti modi l'impeto delle acque correnti; giacchè parlerò espressamente tra breve di questo importantissimo oggetto.

Le roccie, e i macigni con la loro superficie aspra e scabra, e con mille punte, rompono, e rallentano il moto delle acque: gli strati paralelli delle pietre, che compongono la maggior parte delle montagne, formano quasi altrettanti scaglioni, sui quali cadono, e si spezzano i rivi, che discendono dai monti: talora dai burroni, e dalle cateratte precipitano le acque

[a] Si misurino le pendenze di tutti i rigagnoli, che costituiscono un rivo, di tutti i rivi, che formano un torrente, di tutti i torrenti, che sboccano in un fiume reale, si troverà sempre che i minori hanno il fondo più inclinato, e più ripido dei maggiori. Manfredi *Risp. a Ceva e Moscat. cap.* 12.

giù per le balze, frangendosi e dividendosi in minuta spruzzaglia, simile a tenuissima pioggia, a traverso di cui si vede l'arco baleno: talora stramazzano a piombo tutte unite in un gorgo sottoposto, dove si schiacciano, e restano oppresse, perdendo quasi affatto il moto, e la forza [a].

La direzione stessa delle vallicelle nelle valli, e di queste nei valloni, contribuisce al medesimo effetto di moderar l'impeto, che nascerebbe dalla soverchia pendenza; poichè tanto quelle, come queste, s'incontrano spesso ad angoli retti, e talor anche acuti, onde nascono nelle acque le ripercussioni, e i moti opposti l'uno contro l'altro, quasi come palle, che si battono, e si ribattono. E parlando de' valloni più bassi dove scorrono i torrenti, vi si veggono da per tutto quegli angoli entranti e salienti, così ben descritti dal grande anatomico delle montagne, da Bouffon, i quali spingono l'acque a spezzarsi nei lati opposti, e vi cagionano mille incidenze, e riflessioni.

Per ultimo, quando il torrente è cresciuto per piena, e quando non sarebbero bastanti a frenarlo nemmeno gl'indicati ostacoli, deve strascinarsi dietro un

a Tableaux topog. pittor. de la Suisse.
M. de Saussure. *Voyage dans les Alpes.*
Bouffon. *Théorie de la terre tom.* 2.

pesante treno di pietre, e di ghiaje, che gli difficultano il cammino, sicchè ciò, ch' è effetto della rapidità, e della forza, si converte dalla natura in rimedio per moderarlo.

Per lo contrario a misura, che ci allontaniamo dai monti, e che va cedendo gradatamente la pendenza de' piani, è pur manifesta la gradazione, con cui cedono insieme a poco a poco, indi mancano finalmente quasi del tutto gli ostacoli, di cui abbiamo parlato.

Non s'incontrano più rupi, non più scaglioni, non più cadute perpendicolari: agli angoli acuti succedono negli alvei de' fiumi le sinuosità, e le lunate: al fondo pietroso si sostituisce un terreno più liscio: allo strascico delle ghiaje subentrano le arene, poi le sabbie sottili, e infine le minime particelle di terra, e di limo, che restano facilmente sospese nell'acqua, e vanno con essa fino al mare.

È dunque visibile e manifesto, che la natura moltiplica gli ostacoli dove va crescendo la rapidità della discesa, e li diminuisce secondo che si va minorando il pendio.

Da queste osservazioni si può dedurre una regola generale rapporto alla rettificazione degli alvei de' fiumi. Quanto siffatta operazione può essere conve-

niente, e conforme alle indicazioni della natura, ne' tronchi inferiori, dove la pendenza è poco sensibile, altrettanto riuscir potrebbe improvvida e pericolosa ne' tronchi superiori, dove ripida e precipitosa è la pendenza dell' acque correnti.

Nel primo caso muovendosi il fiume lentamente sopra un piano poco inclinato, e quasi orizzontale, giova togliere gli ostacoli delle tortuosità, e de' meandri, che ritardando sempre più il corso dell' acque, e facilitando la deposizione delle bellette, e il progressivo interrimento del letto, sono cagione dei traboccamenti, e delle allagazioni.

Ma queste stesse rettificazioni degli alvei sarebbero perniciose ne' tronchi superiori, dove per la violenza del declivio i torrenti corrono in ghiaja, poichè accrescendosi coll' abbreviazione del corso il declivio stesso, e togliendosi col raddrizzamento del letto gli angoli, e le svolte, si accrescerà pur insieme la forza, e l'impeto dell' acqua. Potrà essa quindi spingere più lungi, ed in gran copia, ne' tronchi inferiori, e nel seno stesso del comun recipiente, le ghiaje, e le materie grosse e pesanti, elevandone con ciò, ed ostruendone il letto, sicchè il fiume sarà costretto a soperchiar le ripe ad ogni escrescenza, ovvero ad abbatterle, per

aprirsi un cammino più libero dove l'umana imprudenza non glielo abbia impedito [a].

Noi facciamo pur troppo spesso tutto il contrario di ciò che ci addita la natura. Noi togliamo gli ostacoli alle acque fra i monti col distruggere le selve, e con altre maniere, ed accresciamo gli impedimenti nelle pianure con traverse, e pescaje, con soverchie diversioni d'acque, con ponti troppo angusti, che restringono, e quasi soffocano i fiumi, e con altre mal concepite e sconsigliate operazioni.

Ma dovremo ritornar di nuovo su questi punti, ed esaminarli più completamente in appresso.

È dunque chiaro il magistero della natura nell' imprimere alle acque un movimento, e renderle correnti. Per conseguir quest'utile effetto ha ella scelto il semplice artifizio de' piani inclinati. Ed affinchè tanto la soverchia lentezza, che sarebbe prodotta da troppo picciola pendenza, quanto la eccessiva rapidità, e forza, che nascerebbe da un troppo grande declivio, fossero giustamente temperate, ha ella con savio accorgimento stabilito, che sia la massa dell'

[a] Guglielm. *Nat. de' fiumi cap.* 9 *prop.* 5.
Manf. *Mem. sul Reno.*
Viviani. *Disc. sull' Arno.*
Frisio. *De' Fiumi e torr. cap.* 4 *lib.* 1.

acque correnti in ragion inversa del declivio de' piani, su cui scorrono, aggiungendo anche altri freni e ritegni, dove troppo efficace potrebbe riuscir lo stimolo della ripida pendenza, come ne' monti, e scemando all'incontro gli ostacoli, dove troppo debole si renderebbe l'invito del dolce pendio, come nelle pianure.

Ma se son questi i mezzi, di cui si serve la natura per formare, e muovere le riviere, come fanno esse poi, quando sono formate, e mosse, a conservarsi in istato di permanenza, ad onta che camminino sempre sopra piani così variamente inclinati, e benchè quasi ad ogni passo si cangi la loro velocità, e il corpo dell'acqua?

CAPO IV.

Nei fiumi, che hanno stabilito il loro corso, il corpo dell' acqua è in ragion reciproca della velocità.

Dicesi, che un fiume ha stabilito il suo corso, quando più non è turbato nè da nuove acque sopravvegnenti, nè da nuovi diversivi.

Ora fingiamo di essere sulle sponde di un fiume, che trovisi appunto in questo stato di permanenza, e immaginiamoci di tagliarlo in un istante sino al fondo con delle porte perpendicolari, come facevasi con le saracinesche delle nostre antiche fortezze. Siffatte porte, o luci del fiume, formate dal nostro pensiero, sono quelle appunto, che gl'idraulici chiamano sezioni.

Codeste luci, o sezioni, saranno bensì differenti di altezza, e di larghezza fra esse, secondo che il corpo dell' acqua sarà maggiore, o minore nei varj siti del fiume, ma converrà però sempre che passi appuntino per cada una delle medesime sezioni una egual quantità d' acqua, altrimenti si troverebbe subito sconvolto il corso del nostro fiume.

Prendiamo, per esserne persuasi, due di queste sezioni, a piacere, un pò distanti l'una dall'altra.

Se dalla sezione inferiore uscisse più d'acqua di quella ch'entra per la superiore, il tronco di mezzo si vuoterebbe in breve, e rimarrebbe quasi all'asciutto.

Per lo contrario se la sezione inferiore lasciasse passar meno d'acqua di quella ch'entra per la superiore, si gonfierebbe tosto il tronco intermedio, e l'acqua trabocchcrebbe da tutti i lati, come fa l'imbuto, quando s'ingorga, e rece dalla bocca il liquore, che non può nella gola capire.

È dunque necessario, che in qualunque sezione del fiume passi sempre, nè più nè meno, una egual copia d'acqua. Ed infatti ritornando più volte, oggi, domani, dopo qualche giorno, sulle stesse sponde di una riviera permanente, noi troviamo, che, relativamente alle varie sue situazioni, è sempre quella che era jeri, e che trovavasi da otto, o venti giorni addietro, e che eternamente sarebbe, se non succedessero cambiamenti occasionati da sopravvegnenza, o da sottrazione d'acque.

Ma come, e da che mai procede, che variando visibilmente in un fiume, quasi ad ogni passo, il corpo dell'acqua, ed ora essendo maggiore, ora di gran lunga minore, pur tuttavia per ogni sezione,

ampia o angusta che sia, passi sempre in egual tempo la medesima quantità d'acqua?

Questo singolar fenomeno, che abbiamo continuamente sotto gli occhi, e che da noi non viene avvertito, come accade di tante altre cose, è degno di essere diligentemente spiegato, potendo trarsi da esso molte utili ed interessanti cognizioni.

L'acqua corrente ha la proprietà di abbassarsi, ed attenuarsi, quando si fa più veloce, e di alzarsi e gonfiarsi, quando diviene più lenta. Essa è come maglia, che tirata per lo lungo si fa più sottile e rallentata si accorcia, e s'ingrossa, ovvero come serpe, che talor si ritira e si gonfia, talora si lancia e si allunga, ond'è che si dica un rivo serpeggiare, non solo perchè va tortiglione appunto come la serpe, ma perchè ancora, com'essa, ora s'ingrossa, ed ora si assottiglia.

Se si guardi un fiume, che cade dal ciglio di una pescaja, si vede che l'acqua nel cadere si attenua, e si riduce come ad un foglio sottile, che ci ferma a contemplarlo con sorpresa.

Similmente passando davvicino a un edifizio andante ad acqua, veggiamo che quando essa è giunta alla cascata, e precipita dal canale rapidamente sulla ruota, talmente si abbassa e s'impicciolisce, che ci

sembra di gran lunga minore di quella, che cammina superiormente voluminosa e lenta, e che riempie fino agli orli tutto il condotto.

Ciò appunto proviene dal crescere che fa essa di corpo, quanto scema di moto, e dallo scemar viceversa di corpo, quanto cresce di velocità. Nel primo caso essa è come l'infingardo che s'impingua, nel secondo è come il macilente, ma laborioso ed attivo.

Non altrimenti in un fiume l'acqua ha un maggior corpo dove cammina più lenta, e ne ha uno minore dove corre più veloce; ma passando in pari tempo una colonna più lunga d'acqua dov'è più rapida, ed una colonna più breve dov'è l'acqua più tarda, ne segue, che la sottigliezza della prima sia compensata dalla sua maggior lunghezza, ossia velocità, e la grossezza della seconda sia temperata dalla sua minor velocità, o lunghezza, e quindi passi sempre la medesima quantità d'acqua, nel modo stesso che tanto è l'aver dieci braccia di panno alto sei palmi, come braccia quindici alto palmi quattro, o venti alto tre solamente.

Che la velocità poi dell'acqua corrente tenga luogo della lunghezza, e che questa risarcir debba l'ampiezza del corpo, abbenchè sembri abbastanza spiegato, pure non sarà mai troppo il concepirlo appieno, e quasi materialmente toccarlo.

Se di due squadroni eguali di cavalleria uno passi per un villaggio a quattro a quattro di fronte, e l'altro a due a due solamente, ma con doppia velocità del primo, passerà senza dubbio nel medesimo tempo per il villaggio lo stesso numero di cavalli. La colonna del primo squadrone sarà bensì doppia in grossezza di quella del secondo, ma questa è il doppio più lunga, ossia più veloce della prima. La velocità compensa ciò che si perde nella massa.

Così nelle nostre fanciulle, se una di esse sia dal severo maestro costretta a svogliere in un giorno tanto di filo sottile, quanto ne dà un'altra di grossolano, qual mai altro ripiego resta alla prima se non di far girare l'artifizio con tanta maggior velocità, quanto è più fine il suo lavorio di quello dell'altra? La lunghezza maggiore del filo sottile pareggierà in tal guisa il peso del più corto e triviale.

Ma per non discostarsi dall'acqua, ch'è il nostro soggetto, se si voglia che da due fori disuguali di un gran vaso esca in pari tempo la stessa quantità di fluido, è necessario collocare il pertugio maggiore in alto verso la superficie, ed il minore più basso verso il fondo, in guisa che schizzi l'acqua da questo con tanto più d'impeto di quella dell'altro, quanto il maggiore supera di bocca il foro minore, il che è

quanto dire, che le velocità de' due getti sieno in ragion reciproca dell'ampiezza de' fori.

In simil guisa dovendo per ogni sezione di un fiume permanente passare, come si è detto, la medesima quantità d'acqua, e variando sovente il corpo d'essa, ne segue, che le sezioni debbano essere in ragion inversa, ossia reciproca delle velocità, cioè, che il maggior corpo d'acqua abbia tanto minor velocità, quanto il minor corpo ha velocità maggiore, principio incontrastabile, e fondamento primario dell' idrometria [a].

La legge della reciprocazione del corpo d'acqua, e della velocità, è a tal grado inalterabile e necessaria, che se in un certo tronco il fiume corresse, per esempio, quattro, sei, o dieci volte più veloce che in un altro, il suo corpo d'acqua sarebbe in quel luogo quattro, sei, e dieci volte minore; e viceversa, se quattro, sei, e dieci volte si rendesse più tardo, il suo corpo d'acqua si farebbe quattro, sei, e dieci volte maggiore.

[a] Castel. *Mis. dell'acque corr. prop.* 3 *lib.* 1.
Gugliel. *De aquar. fluentium mensura lib.* 1.
Grandi. *Movim. delle acque. lib.* 1 *cap.* 1 *prop.* 7 *ed* 8.

Ora s'intende chiaramente, come spero, qual importante personaggio faccia la velocità nella misura delle acque.

Il corpo dell'acqua, che fa spesso una gran comparsa e figura, non è già la norma per dedurre da esso la vera portata di un canale, o di un fiume, il quale può far mostra talora di condurre una gran copia d'acqua, quando realmente ne conduce pochissima, qual è colui che ha l'industria di comparir dovizioso con mediocri fortune, o come coloro, che col solo sussiego e contegno sanno far comparsa di molta dottrina.

All'incontro un fiume mediocre in apparenza, ma rapido nel suo corso, può dar luogo a una grande ed incredibile copia d'acque.

Quindi si vede quanto errasse quell'idrometra, di cui parla il Castelli, che per aver la misura del Tevere si aveva preso la pena di misurar separatamente le acque di tutti gl'influenti, di tutti i rivi, fossati, e gore, che si scaricano in quel fiume, ed avendo trovato, che questi formavano una misura strabocchevole, e di gran lunga maggiore del volume del Tevere, farneticava e strabiliava, non potendo comprendere, come mai tante acque fossero contenute nelle sue sponde, e andava immaginando, o che fos-

sero assorbite da meati sotterranei, e per vie occulte condotte al mare, o che si comprimessero, e schiacciassero nel fiume, come fossero lana, o bambagia calcata.

Egli non aveva posto mente alla proprietà meravigliosa dell'acque di assottigliarsi, e scemar di corpo, quando si fanno più veloci, e non rifletteva, che accrescendosi appunto la loro velocità col riunirsi in massa nel fiume, dovevano abbassarsi in esso, e formare un corpo molto minore.

Perciò l'espediente suggerito da quell'imperito architetto d'acque di aprire al Tevere un altro letto eguale al suo proprio, e di farlo camminar per due alvei invece che per uno solo, non era semplicemente inutile e vano, ma avrebbe potuto esser anche dannoso; poichè se con questa operazione si fosse rallentata la velocità del fiume più della metà di prima, com'era possibile che avvenisse, sarebbe cresciuto il corpo delle sue acque in modo, che nemmen tutti due i nuovi letti sarebbero stati bastanti a contenerlo.

Abusando però di queste verità, il Gennetè in Olanda, e il Frisio in Italia, stabilirono quel celebre sistema, che per quanti fiumi, ed influenti si aggiungessero ad una gran riviera, come sarebbe il Reno, il Po, il Danubio, mai non crescerebbe il corpo delle

sue acque, e per quante diversioni si praticassero alla riviera medesima, non si diminuerebbe mai sensibilmente il suo volume.

Molto di vero si contiene in questo sistema, nè sarebbe certamente caduto senza la smania de' suoi settatori di portarlo fino al romanzesco e all'assurdo, come vedremo a suo luogo nella Seconda Parte. Ebbe dunque la sorte di tutti quei sistemi, che sono spinti all'eccesso. La novità procura loro un successo brillante, ma passaggiero.

Anche i parallogismi però del Batavo Architetto d'acque rendono un solenne omaggio al nostro principio, su cui non cade alcun dubbio, nè vi può essere differenza di suffragi, cioè che scema il corpo dell' acqua, quanto cresce la velocità, e si aumenta quello quanto diminuisce questa.

CAPO V.

Continuazione del medesimo soggetto

Col ridetto principio si spiega perchè una mediocre pioggia faccia crescere talvolta improvvisamente un fiume, e vi cagioni una piena; ed all'incontro quando il fiume è cresciuto, più lunghe e più dirotte pioggie non vi producano pressochè alcun alzamento ulteriore.

Allorchè il fiume è basso, deve esser poca la sua velocità, per causa del soffregamento del fondo e delle ripe. Quindi le prime acque, che sopravvengono, trovando tardo il fiume, e perdendo per conseguenza molto della loro velocità per communicarla alla sua massa, devono crescere di corpo in sul principio, e cagionare un alzamento molto sensibile.

Ma quando già la colonna del fiume cresciuto ha concepito una grande velocità, tanta è la copia d'acque che smaltisce, che le lunghe pioggie che seguono sono appena bastanti a mantenere l'immenso consumo del fiume, senza calcolare inoltre che il grand'alveo delle riviere si allarga per l'ordinario, e si espande più e più verso gli orli delle ripe come

fa un catino, ed offre quindi alle acque sopravvegnenti una capacità sempre maggiore.

Ciò spiega similmente perchè nei paesi poco lontani dal mare sieno accaduti talora, come parlano le storie, straripamenti de' fiumi, ed allagazioni terribili, senza che si abbia potuto incolpare o le pioggie, che non caddero, o lo squagliarsi delle nevi che non vi erano. Le sole alte maree, e la violenza de' venti, che spingono i marosi, e i gran mucchi di arene contro le foci dei fiumi, scemandone la velocità, ed aumentando per conseguenza il corpo dell'acqua, possono aver prodotto ne' luoghi prossimi alle foci questi avvenimenti straordinarj [a].

Dallo stesso principio si deduce quanto sia importante, per impedire le inondazioni di un fiume, il rimuovere da esso le chiuse, o pescaje, che lo attraversano, li dossi, che si formano nel mezzo del letto dall'ammucchiamento delle sabbie, e delle bellette, gli angoli, e le svolte delle ripe, e gli altri impedimenti, che ne scemano la velocità, e fanno per conseguenza crescere d'altrettanto il corpo dell'acqua. Anzi spesso è avvenuto, che dal solo taglio dell'erbe, de' giunchi, e canne palustri, che occupavano gli scolatoj, siansi vedute all'improvviso, e quasi per

a Castel. *Mis. dell'acque corr. coroll.* 7, 8, 9.

prodigio, liberate vaste campagne dalla sommersione che le opprimeva.

Ma dove singolarmente si fa conoscere la utile applicazione del nostro principio, egli è nella divisione, ed erogazione delle acque, oggetto di tanta importanza per il pubblico, e privato interesse.

Dai più si crede, che quando le bocche, o canali, che distribuiscono le acque, sono della stessa capacità, o diametro, debba esser eguale il ripartimento, che se ne fa per mezzo di essi.

Ma se per una bocca, o condotto, passi l'acqua con meno di velocità che per un altro, il corpo e figura di essa potrà bensì comparir eguale; ma la vera quantità e misura sarà realmente minore. Voi avrete forse una larghezza, ed un'altezza pari, ma la lunghezza non sarà già eguale. Or la lunghezza appunto, come si è detto, ossia la velocità dell'acqua, è quella che sopra tutto si deve aver in riflesso.

Eravi una volta, si dice, nel tempio di Apolline in Delfo l'uso di vendere ai devoti, che concorrevano a quell'oracolo famoso, certe fascie di lino, che avevano la mirabile virtù di guarir dalla sciatica, dalla podagra, dall'ernie, ed altri malori. Bastava cinger tre fiate con esse la parte ammalata.

Stavano avvolte, ed aggomitolate codeste fascie prodigiose intorno a un gran subbio, che facevasi girar per di dentro dai Sacerdoti, mentre cantavasi un inno in onor del Nume.

Quel tratto appunto di fascie, che svoglievasi dal gran subbio durante l'inno, era del devoto, ed egli dar dovea per offerta cento mine.

Si contentarono dapprima i Sacerdoti di un discreto guadagno, e fecero girar il subbio con un certo grado di velocità; ma poi a poco a poco andò il subbio rallentando il suo moto in guisa, che non era più quasi sensibile, sicchè i devoti, per aver la sacra merce, erano costretti a far ripetere più volte l'inno, ed a sborsar più volte le cento mine.

Essendosi fatta di ciò lagnanza ad uno degli Anfizioni, ch'era d'accordo coi sacerdoti, rispose, che le fascie erano ancora della medesima larghezza, e grossezza, come per lo passato; che rapporto poi al movimento del subbio, quest'era un accidente, che dipendeva dal beneplacito del Nume.

Così appunto si giudica spesso riguardo alle acque nella loro distribuzione; si guarda il corpo dell'acqua, e non si tien conto di ciò, che più importa, della velocità.

Cotanto dilicata è questa materia della erogazione dell'acque, che le più squisite avvertenze non sono mai troppe.

V'è l'uso in qualche luogo di far la distribuzione col mezzo di fistole di vario diametro, e si crede, che quando una fistola sia la metà, il terzo, o il quarto di un'altra, anche l'acqua del tubo minore debba essere la metà, il terzo, o il quarto di quella del tubo maggiore, non badando che tanto maggior rispettivamente è la superficie, e l'attrito, quanto è minore il tubo.

Infatti se si faccia il tubo sottile come penna di uccello, o come paglia, la sua superficie diviene così estesa in confronto del tenuissimo filo del fluido, che questo più non vi scorre, trattenuto dallo sfregamento, e dall'adesione alle interne pareti, come si osserva ne' cannellini, e vasi capillari.

All'incontro se amplissimo sia il tubo, per esempio di un piede di diametro, la colonna dell'acqua, che vi passa, è così vasta e forte in confronto della superficie del tubo, che non risente appena l'effetto dello strisciamento.

Chi dunque ha una fistola d'acqua quattro volte minore di quella di un altro, può non avere la quarta parte d'acqua, com'egli crede, ma soltanto la quinta, la sesta, e forse anche meno.

La ragione di ciò deriva sempre dallo stesso principio, che l'apparente corpo dell'acqua inganna, e che mirar si deve alla sua velocità.

Con ciò pure si rende ragione delle differenze rinvenute da Frontino nel misurar l'acque pubbliche, l'Appia, la Marcia, la Claudia, la Giulia, l'Augusta, e tante altre, che si conducevano in Roma per gli usi e piaceri di quella gran capitale.

Osservò egli, che quando erano giunte l'acque alla città per farne l'erogazione, la loro misura trovavasi di quattordici mila e diciaotto quinarie, mentre secondo i pubblici registri non avrebbero dovuto essere che dodici mille settecento cinquanta cinque. Allorchè poi se n'era fatta la ripartizione, e la distribuzione, queste medesime acque arrivavano a più di venti due mila quinarie.

La prima differenza proveniva da ciò, che le acque, per piantare i registri, erano state misurate superiormente nei rivi, e nei condotti più ripidi, che le portavano a Roma, e quindi dovevano in grazia della velocità loro aver corpo minore di quello, che avessero giunte in Roma, dove per gli ostacoli di un lungo cammino, e per la minorazione della pendenza, n'era già scemata la velocità, e quindi cresciuto il loro volume.

Dopo poi la loro distribuzione alle fontane, alle terme, ai giardini, ed altri usi pubblici e privati, tanta esser doveva la diramazione, e suddivisione delle doccie, delle fistole, de' tubi, tante le loro direzioni, gli angoli, e le curvità necessarie per acconciarsi a tutti i siti, e a tutte l'esigenze di quella immensa città, che non poteva far a meno la velocità dell'acque di non indebolirsi ancora più assai dai nuovi ripetuti sfregamenti e ritegni, e di non aumentarsi per conseguenza di gran lunga il loro volume.

Non è perciò che Frontino ignorasse totalmente l'influenza della velocità nella misura dell'acque, come si sospettava dal Castelli [a]. Il romano idrometra riferisce il fatto qual era, e non entra nella spiegazione del fenomeno, ma in più luoghi del suo Trattato mostra di aver conosciuto l'effetto della velocità nella misura dell'acque correnti, checchè ne dica il Buteone, come accordar deve il Poleni, ritrattando in certo modo se stesso [b].

a Nell'errore di non considerare, quanto le velocità sieno potenti a mutar la misura dell'acqua, credo, se non m'inganno, che possa esser incorso Giulio Frontino, nobile scrittore antico, nel secondo libro che fa degli acquedotti della città di Roma ec. Castel. *Mis. dell' acque corr. append.* 1.

b. Poleni *De Castellis.*

Idem *Lett. al Marinoni, e nelle note al lib. di Gio. But.*

Ma troppo io mi lascio trasportare dalla copia della materia. Interminabile sarebbe l'applicazione del principio a tutti i casi, ai quali potrebbe adattarsi.

È dunque dimostrata chiaramente, come confido, la proprietà costante dell' acqua corrente di cangiar di corpo in ragion inversa della velocità, cosicchè sempre si abbassi, e si attenui, dove cresce la velocità, e si alzi, ed ingrandisca, dove la velocità si minora; dalla qual legge non meno semplice, che mirabile insieme, ne deriva, che ne' fiumi di corso già stabilito, benchè camminino essi sopra piani or più or meno inclinati, e con un corpo d'acqua ora maggiore ora minore, pure per ogni sezione, per ogni tronco del fiume medesimo, passi sempre, sotto vario volume, la stessa quantità d'acqua, e si mantenga in tal guisa equabilmente il corso perpetuo delle riviere.

Ma se questa è la legge regolatrice de' fiumi, che hanno già stabilito il loro corso, quali sono le regole, con le quali procede la natura nell' escrescenze, e nelle piene, ovvero piuttosto può essa seguire alcuna regola, e metodo costante e sicuro, in quei momenti terribili di tumulto e di disordine, allorchè i torrenti

J. Front. *De Aquæduct. urbis Romæ com. art.* 63.

Gio. Buteone *Della Mis. dell'acqua corr. ove dice:* G. Frontino non intendendo la cagione di tal eccesso ec.

ed i fiumi, divenuti furiosi ed indomabili per la immensa sopravvenienza delle acque, non soffrono più alcun ritegno, nè freno?

Importantissimo è senza dubbio un tal esame; ma, prima d'intraprenderlo, giova di riconoscere i modi, e gli artifizj, con cui la provvida natura ha voluto allontanare da noi, o rendere meno violenti codeste rivoluzioni de' fiumi.

CAPO VI.

Come la natura provveda per impedire le subitanee escrescenze de' fiumi.

La natura, quando non sia contrastata dalla imprudenza degli uomini, veste da se medesima, e spontaneamente ricopre di piante fronzute d'ogni specie, le cime, e le spalle delle montagne.

Questo è appunto il mezzo più efficace, ch'ella adopri per ritardare, ed arrestare le acque delle pioggie, e delle nevi in guisa, che non possano mai precipitar tutte ad un tratto nelle valli, e produr subitanee, e strabocchevoli fiumane.

Immensa senza dubbio è la quantità d'acqua, che viene trattenuta da una gran foresta con le radici, con li ceppi, con le corteccie, con li rami, con le foglie, e con li mirabili stromenti, di cui sono le piante corredate.

Per farsene una qualche idea si consideri, che prima vi sono nelle selve gli alberi di alto fusto, i quali con l'immensità de' loro rami, e delle loro frondi, che s'innalzano fino alle nubi, formano una moltitudine di strati, e di piani, dove sono accolte,

ed arrestate le pioggie, come nelle città capitali si alzano gli appartamenti delle case uno sopra l'altro per l'albergo del popolo numeroso, o come ne' teatri vi sono molti ordini di loggie per contenere un maggior numero di spettatori.

Di sotto agli alberi eccelsi sorgono nelle selve gli arbusti, i frutici, le macchie, i rovi, i prunaj con tutte le loro propaggini e rampolli, che intrecciandosi, ed annodandosi coi rami, coi viticci, con le spine, offrono nuove stazioni, e nuovi alberghi alle pioggie non trattenute dalle piante maggiori, e dopo di questi si trova pure disteso sul suolo un gran tappeto d'erbe, di muschi, e d'altri vegetabili foltissimi, che oppongono nuove ed innumerabili resistenze al moto dell'acque.

Finalmente la terra con l'infinito numero delle barbe, e delle radici, che l'abbracciano, e la tessono per ogni verso, accoglie e trattiene essa pure una gran copia d'acqua, la quale col soffermarsi, e con lo stanziare, ognora acquista più tempo ed agio di penetrar profondamente il terreno.

Da ciò appunto proviene quell'inzuppamento della crosta erbosa del suolo, che si osserva nelle boscaglie montane: da ciò le filtrazioni profonde dell'acque anco negli strati inferiori e più bassi: da ciò il per-

petuo gocciolamento delle umide grotte: da ciò il gemere, e lo stillar de' sassi muscosi: da ciò le scaturagini, e i vivi zampilli delle fonti: da ciò le vasche, e le ampie conserve d'acqua, che si formano nelle interne cavità de' monti, e che vanno alimentando le fontane, i rivi, ed i fiumi.

Moltissimi sono gli esempi di montagne, ch'ebbero ricche sorgenti d'acque perenni, finchè si trovarono vestite di boschi, e che le perdettero affatto, dacchè vennero questi distrutti. Si sa, che il monte Ida, chiamato da Omero il copioso di fonti, e da Orazio l'acquoso, dava origine a Xanto e Simoenta, e secondo Plinio, a molti altri fiumi. Abbattute le selve, che trattenevano le pioggie, disparvero i fiumi, nè altro più rimase, che qualche torrente furioso ed effimero, che si precipita in un istante, devastando tutto, e lasciando di nuovo il monte inaridito, e deserto [a]. Perciò diceva un altro filosofo, e ben diceva, i luoghi selvosi, ed opachi, essere abbondantissimi d'acque [b].

Ma, oltrechè le piante raffrenano, e in tanti modi arrestano il corso delle acque, hanno eziandio l'atti-

[a] Plin. *Hist. natur. lib.* 5 *n.* 32 *e* 33.
Bellon. *In Linnæo de tellur. habitab. increm.*
Belgrado. *Dissert. sopra i torrenti, in fine.*

[b] Fere aquosissima sunt quæcumque umbrosissima *Sen. natural. quæst. lib.* 3 *n.* 11.

tudine di appropriarsene, e di assorbirne una copia prodigiosa.

Per chiarirsi di ciò basta esaminare un pò attentamente la disposizione de' rami, la figura delle foglie, e gli stromenti meravigliosi, di cui sono fornite.

La disposizione de' rami in una selva di piante presenta lo spettacolo d'infinite braccia sollevate verso le nubi, per attendere, ed accogliere la pioggia.

Altre poi hanno le foglie a pennelli, ed a fiocchi, che immollano nelle nebbie, e nelle nuvole, attraendone l'umido anche prima che possa condensarsi in pioggia. Altre hanno le frondi a ventaglio, con cui rapiscono, e portano a se i vapori volteggianti nell' atmosfera, e questi ventagli si muovono per ogni verso, come ne' pioppi, imitando il suono de' ruscelli, che garriscono fra i sassi.

Molte usano cannelli voti come flauti, onde ricevono l'acqua dall'alto, o la succhiano dal basso; molte portano anche cimieri, e cappelli da lambicco, dove vengono a battere l'esalazioni, e i vapori, che vi si rapprendono in goccie, e cadono poi nel lambicco a distillarsi.

Ve n'ha di quelle con le foglie talmente corrugate, e così bene increspate, che non v'è benda, non collare, che possa paragonarvisi. Da queste innumera-

bili pieghe vien presa appunto, ed accalappiata la pioggia, che cade dall'alto, o che rimbalza dal suolo dopo esser caduta.

Alcune hanno le foglie concave, come son quelle dette a cucchiaj, onde raccolgono nelle loro pozzette, e vi trattengono l'acqua, che cade dal cielo.

Alcune hanno le ascelle delle foglie conformate in guisa, che abbracciano il gambo della pianta, e vi formano cisterne, e pelaghetti d'acqua, che serbano per molti giorni, e che si vanno bevendo a lor agio, come il cardo de' berrettaj. Portano inoltre le piante di questa famiglia lungo lo stelo un canale, o acquidotto profondamente impresso, per raccorre anche la pioggia, che batte a traverso, e dirigerla nelle pozze, e serbatoj, o mandarla giù per la canna ad abbeverar le radici.

Ma cresce ancora più la meraviglia, quando si osservi, che la maggior parte delle piante hanno le foglie, i picciuoli, i rami, e perfino tutto il fusto corredato di velli, di borre, di lanugini, di crini, di barbe, di pungiglioni, ed altri consimili ordigni. Son questi tutti voti nel mezzo, e formano altrettanti cannelli, e sifoni sottilissimi, con cui le piante sugono, e si bevono l'acque, come si può vedere in sul mattino, allorchè tutte quelle picciole bocche mostrano ancora

sulle labbra le stille di rugiada, che non hanno finito di sorbire.

Immenso è il numero di questi succiatoj, ed ogni pianta di tal natura ne possiede molti milioni. Sopra una sola foglia io n'ho più volte contati al di là di cento mila. Ognuno può accertarsene da se stesso coll'esaminare, anche ad occhio nudo, non che col soccorso di vetri ottici, tali specie numerose di piante.

Ciò poi, che merita osservazione, si è, che tutti questi velli, lanugini, aculei, spilli, sono piantati a ritroso sulle foglie, sulla ramora, e sugli steli, onde meglio arrestare i fluidi aeriformi, i vapori, e le piogge; laddove se tali stromenti giacessero prostesi sui rami, e sulle frondi, le acque sgocciolerebbero lungo le barbe villose, e le punte rovesciate, senza guari fermarvisi, come si fa secondando con la mano la felpa, ed il velluto.

Un'altra osservazione non meno singolare si è, che tanto più ispide e pelose sono le piante, quanto più incolte e selvaggie; sicchè fra due della stessa specie, di cui l'una viva in un giardino, l'altra in un bosco, passa a un dipresso la medesima differenza, che v'è fra la pelle morbida di un cittadino ben pasciuto, e quella irsuta ed aspra di un villano stentato. Ciò è perchè le prime largamente nutrite, ed

irrigate, non hanno bisogno degli stessi ordigni per rapir le acque del cielo, come le seconde.

Perciò le piante che nascono sulle schiene de' monti, fra pietre e sassi, o nelle fenditure degli scogli, e delle rupi, sono maggiormente fornite di peli, di punte, di orifizj, di guaine, di proboscidi, e d'ogni genere di succiatoj, per attrappar le pioggie, e le guazze. Non avendo esse di che vivere in casa propria, sono costrette a trarre il loro alimento dall' ampio magazzino dell'atmosfera.

Non è però, che le piante non fornite di tali stromenti non abbiano esse pure i mezzi di far loro provvigione d'acqua. Anche quelle, che sembrano inermi ed ignude, anche le morbide e liscie, hanno i loro artifizj per procurarsene.

Ve n'ha, che portano sparso sulle foglie, e sulle corteccie, come il noce, un certo pingue ed attaccaticcio, mirabilmente proprio a ritenere come invischiate le goccie dell'acqua, che vi si appiccano, e vi restano pensili per alcun tempo, anco se la foglia sia inclinata al suolo, e molto più se sia raddoppiata, o frastagliata, o dentata, o merlata all'intorno, formandovisi quasi tante perle, o gemme, come son quelle, che si veggono colmeggiare dopo la pioggia sulle foglie del cavolo.

Ve n'ha, che portano i petali, e i fiori, conformati a tazze, a calici, a campane, ovvero attortigliati a tromba, a corno, a imbuto, a chiocciola, non v'è in somma, non v'è, dal cedro del Libano alla violetta, che infiora il margine de' ruscelli, pianta alcuna, la quale non tenga la sua urna, e la sua coppa preparata per attingere l'acqua, che cade dal cielo *.

Sarebbe impossibile l'annoverare tutti gli ordigni, e tutti gli artifizj, con cui le piante conquistano le pioggie, e partecipano quindi della larga bevanda, che loro dispensa la natura. Dopo ciò, che ne pigliarono gli arbori sublimi, ne ricevono la loro porzione anco le piante minori, e fino l'erbe più infime e basse, quelle contentandosi della seconda mensa, come i domestici de' Grandi, e queste dei loro rimasugli, come il popolo minuto.

Qual immensa quantità d'acqua non dev'essere dunque dalle selve assorbita, o arrestata, o ritardata in tanti piani, in tante loggie, in tante stazioni, per cento piedi e più d'altezza, dalle cime degli alberi più elevati sino all'erbe, che tappezzano il suolo, dove non v'è ramo, non foglia, non corteccia, non radice, non parte alcuna, che non presenti un ostacolo al loro movimento, e non possieda insieme, e

* S. Pierre *Etud. de la nat. tom. 2.*

ponga in uso un ampio corredo di stromenti, bicchieri, pozze, conserve, cannelli, infondiboli, succiatoj, bocche innumerabili, per attrarre, e ritenere le pioggie?

Ora si vede, e si comprende appieno, come spero, quanto sia grave e pernicioso l'abuso di sradicare, e distruggere le selve, che coprono le montagne, e quanto sia grande la nostra imprudenza e temerità, di violare ordinamenti, e leggi così provvide della natura.

Spogliando i monti, e le valli delle boscaglie, onde sono vestiti, e difesi, noi veniamo ad abbattere li tanti moltiplicati ed efficaci ripari, che arrestano i nembi, e le dirotte pioggie, ed impediscono le repentine, e micidiali escrescenze de' torrenti, e de' fiumi.

Perciocchè non già il graduato e regolare accrescimento dell'acque, che succederebbe assai lentamente, e soltanto in certi periodi, e stagioni determinate, secondo le leggi inalterabili della natura, sarebbe quello, che portasse la desolazione alle nostre provincie.

Quand' anche le piante non si appropriassero, ed assorbissero una immensa copia d'acque, come si è veduto, quand' anche non ne restasse altamente imbevuta ed impregnata la terra, e non vi si formassero in tal modo vaste conserve, e depositi d'acque, il solo

più tardo, e progressivo adunamento delle medesime per causa di tanti ostacoli opposti alla loro unione, darebbe tempo ai fiumi di scaricarsene a grado a grado, e in guisa che non potrebbero mai accumularsi in quelle masse enormi e spaventose, che sempre maggiori, e più frequenti, ora veggiamo.

Ma nello stato di nudità, in cui si trovano i monti per nostra colpa, e per quella forse maggiore de' nostri padri, che ce ne diedero il fatal esempio, le acque delle pioggie, che avrebbero avuto campo a mano a mano di dar luogo, vengono a rovesciarsi precipitosamente, e tutte insieme, nelle valli, cagionando le più veementi e strabocchevoli fiumane.

Si aggiunge a ciò, che mancando il ritegno ai luoghi ripidi, già dissodati e smossi, ed essendo estirpati perfino i tronchi, e le radici delle piante, con cui la natura lega, e sostiene le pietre, le ghiaje, e le terre, dirupano queste, formando borri, e precipizj orribili, dove per lo innanzi v'erano boschi, e pascoli coperti di mandre, e di greggie.

Cadute quindi tutte queste materie nelle valli, e trascinate e deposte qua e là dalle acque nel loro cammino, come si vedrà meglio in appresso, si vanno sempre più ostruendo, ed elevando i letti de' torrenti, e de' fiumi, li quali dalle alte lor rive minacciano già

di rovesciarsi ad ora ad ora sulle nostre contrade, e di desolarle, sicchè siamo costretti a tenerli quasi pensili con un'audacia, che ha dell'incredibile, con un dispendio, che non potremo tollerare a lungo, e con un pericolo, che si fa sempre maggiore.

Tutti gli idraulici, tutti gli agronomi assennati alzarono la voce contro questa violazione delle leggi della natura, la quale ha sbandito la zappa, e la marra dai monti sotto pena della loro distruzione, e di quelle insieme de' sottoposti piani.

Tra i primi, che gridarono più fortemente contro siffatto disordine, fu il Viviani, il quale attribuisce appunto all'improvvido, e temerario dissodamento degli Apennini li danni gravissimi, che l'Arno, e i suoi influenti, portarono alla Toscana [a]

Questo stesso è il linguaggio del Grandi, del Poleni, del Frisio, del Lecchi, e di tanti altri, che si posero ad indagar le cagioni del disordine de' nostri fiumi, e ne suggerirono il vero ed efficace riparo, il quale non può esser altro mai, che quello di restituire

[a] Le pioggie cadenti sopra que' monti spogliati di legname, coltivati, e sassosi, non trovando più il ritegno della macchia, e del bosco, vi scorrono precipitose, e s'accompagnano con la materia di terra, sasso, e ghiaja, e la conducono furiosamente nei fiume ec. Viv. *Discor. sull' Arno*.

ai monti ciò, che gl'inalterabili statuti della natura hanno loro assegnato, la macchia, ed il bosco [a].

Noi lottiamo invano con le nostre operazioni idrauliche per impedire gli effetti, mentre si lasciano sussistere, e rinforzarsi sempre più le cagioni. Molto più semplice senza dubbio, molto più agevole sarebbe la disciplina de' nostri fiumi, se noi medesimi, col sovvertir l'ordine della natura, non l'avessimo resa più complicata e difficile.

Quanto erano più sagge, e più avvedute di noi, le colte nazioni, che abitavano un tempo sulle rive del Gange, e del Nilo, le quali ponevano tanta importanza nella conservazione delle foreste, che avevano sparso il mistero, ed una specie di venerazione sulle origini de' loro fiumi, tenendole celate ed occulte, e facendo credere che fossero custodite da deità sconosciute, onde l'umana avarizia e temerità si guardasse dal perturbare que' sacri alberghi ed asili!

Restando quindi ognora coperti d'immense ed inviolabili selve i gioghi, e i dorsi de' monti, dove avevano le loro sorgenti quelle grandi riviere, non

a Grandi. *Riflest. sul fiume Era.*
Poleni. *Del Moto misto dell'acque. lib.* 2 *n.* 143.
Frisio. *De' Fiumi e Torr. lib.* 1 *cap.* 1.
Lecchi. *De' tre Torrenti cap.* 4 *e* 5.

solo n'erano minori le piene, ma succedevano queste con un periodo, e con una gradazione così uniforme, e regolare, che invece di essere micidiali alle provincie per cui passavano, come lo sono spesso tra noi, divenivano ben'anzi stromento di fertilità e di ricchezza, offrendo il modo d'irrigare e fecondare col pingue lor limo vastissime campagne [a].

Uno de' due principali influenti, che formavano il Nilo, era chiamato col nome d'acqua ch'esce dalle tenebre, additando con ciò l'ombra cupa ed eterna delle oscure foreste, dove aveva l'origine [b].

È poi noto, che il Nilo cresceva ogni anno gradatamente per un certo numero di giorni, e per altrettanti andava con egual regolarità decrescendo. Gli Egizj stavano aspettando le piene del fiume come un dono segnalato del cielo, e come un pegno sicuro di abbondanza e di ricchezza. E se qualche fiata non giungeva la piena all'usato segno, ciò riguardavasi

a Nilus arenoso, et sitienti solo, et aquam inducit, et terram, debetque illi Ægyptus non solum fertilitatem terrarum, sed terras ipsas. Plin. *Hist. nat. lib.* 5 *n.* 10.

Sen. *Nat. quæst. lib.* 4 *cap.* 2.

Strab. *Geogr. lib.* 16, *dove parla dell' Assiria.*

b Lævo alveo *Astabores* dictus est, hoc est ramus aquæ venicatis e tenebris. Plin. *Hist. nat. ibidem ut supra.*

Cluver. *Introd. geogr. lib.* 6 *cap.* 3.

come una calamità, e come un effetto dell'ira degli Dei [a].

Anche il Po aveva una volta l'escrescenze molto più rade, e più regolari, di quello che abbia presentemente, dopochè si denudarono, e si distrussero le coste selvose dell'Alpi, e degli Apennini [b].

Ma poichè siamo pur condannati a vedere i nostri torrenti, e i nostri fiumi gonfiarsi strabocchevolmente, e quasi ad ogni istante, veggiamo almeno se intravedersi possa qualche regola e legge costante della natura, anche in mezzo al sovvertimento e trambusto delle fiumane, come si era indicato alla fine del capo precedente.

a Nilus . . . incipit crescere luna nova, quæcunque post solstitium est, et residit in virgine, iisdem, quibus adcrevit, modis etc. Plin. *Hist. nat. lib.* 5 *n.* 10.

b Padus . . . nulli amnium claritate inferior, augetur ad canis ortus, liquatis nivibus, agris, quamvis torrentior, nil tamen ex rapto sibi vindicans etc. Id, Plin. *Hist. nat. lib.* 3 *n.* 20.

CAPO VII.

Degli effetti delle piene, e in prima della elevazione, e mutazione dei letti dei fiumi.

Due sono li principali, e grandi effetti delle piene. Il primo è la progressiva elevazione, e mutazione di letto, de' torrenti, e de' fiumi: il secondo la sovversione del fondo, delle ripe, delle dighe, e di tutto ciò, che noi ci sforziamo di erigere contro la violenza delle acque.

In questo capitolo parleremo del primo effetto, nel seguente del secondo.

Quasi tutti li fiumi nelle loro escrescenze traggono seco, come si è già indicato, una gran quantità di ghiaje, di arene, e di terre.

Il Saussure, ne' suoi viaggi dell' Alpi, ci dipinge assai bene i torrenti, che discendono pregni di terre, di ardesie disciolte, di frammenti di roccie, e di tufi, e l'onde nere, e dense come poltiglia, che vanno a rompersi tra i sassi con suono rauco e lugubre [a].

Immensi depositi si trovano di queste materie nei monti, e nelle valli, ove nascono, o passano le acque

[a] De Saussure. *Voyag. dans les Alpes.*

correnti; anzi v' ha montagne intere, nonchè monti, e colline, non d'altro composte, che di enormi accumulazioni di ghiaje, e di arene, le quali stando impaniate, dirò così, nelle crete, e nelle argille, si disimpegnano poi, e cadono nel fondo della valle, e nel letto del torrente, allorchè la pioggia stempera, e discioglie il cemento, che le teneva collegate.

Da ciò procedono quegli orridi precipizj, e scoscendimenti, che si veggono sull'erte pendici de' nostri monti, dopochè gli abbiamo noi stessi, come si è detto poc'anzi, con le nostre proprie mani disposti a diruparsi e sfasciarsi, togliendo loro il presidio degli alberi, che li vestivano, e gli stringevano; giacchè le forti radici delle quercie, de' faggi, de' pini, e di simili piante, legano insieme, e rassodano le pietre, e le ghiaje de' monti, a un dipresso come da noi si tengono unite con chiovi, e catene di ferro le vecchie mura delle nostre torri, che minacciano rovina.

Ora tali materie cadute nelle valli, e trascinate dalle acque, combinandosi, e variamente intralciandosi fra loro, sono quelle appunto, che cagionano le piaggie, i greti, i dossi, i renaj, le isole, le diramazioni, e le variazioni del letto de' fiumi.

Vero è, che l'arrotamento, e lo strofinio delle pietre, e de' sassi travolti dalle acque, e stritolati uno

contro l'altro, ne va limando a poco a poco la scabra superficie, ne spunta gli angoli, e ne diminuisce col tempo la mole, mà vedremo a suo luogo, che questa sola cagione, tuttochè giustamente da valutarsi, non basta, come alcuni credettero, a bilanciar l'effetto della enorme sopravvenienza delle ghiaje.

Infatti non si ha che a consultare gli annali de' nostri paesi, o piuttosto ad esaminar con gli occhi proprj i letti de' nostri torrenti, e de' nostri fiumi, per convincerci del loro rapido rialzamento.

Gli alvei attuali de' fiumi, così elevati, e tenuti quasi per aria a forza d'argini, come si è detto: li condotti scolatizj di vaste campagne ridotti già inoperosi per essere più bassi del fiume: gli archi de' vecchi ponti pressochè totalmente acciecati ed ostrutti: le antiche case, e borghi, e parti intere di città, fabbricate ne' tempi addietro sulle sponde de' fiumi, ora mezzo sepolte dall'alzamento progressivo degli argini dovuti erigersi per salvarle dalle inondazioni, queste, ed infinite altre osservazioni ne fanno una prova incontestabile.

Il Viviani, nel suo celebre discorso sull'Arno, dimostra con lunga serie di fatti, ch'erano sotto gli occhi de' suoi concittadini, quanto si fossero già elevati al suo tempo i letti de' fiumi in Toscana.

Molti scrittori fecero le stesse osservazioni sopra i fiumi della Lombardia.

È dunque certa e visibile la elevazione progressiva de' nostri letti de' fiumi.

Non è però difficile a chi bene osserva di scoprire un ordine anche in questo strascinamento, ed ammasso di materie, abbenchè paja cieco e fortuito.

Egli è certo in primo luogo, che le deposizioni delle ghiaje si formano a grado a grado, e per istrati. Ecco come ciò avvenga.

Non sempre le pioggie sono equabilmente diffuse sopra tutta la superficie de' monti, che formano, per così dire, il territorio del fiume. Esse si concentrano talvolta in un sito solo.

Si fa dunque allora una piena in un luogo, e in un torrente, quando non v'è alterazione alcuna in un altro.

Ora il torrente cresciuto entrando nel fiume basso, e in un letto più largo, e meno declive, perde della sua velocità, e forza, ed è quindi costretto a lasciarvi le materie, che portava seco.

Quand'anche poi fossero le pioggie uniformi, ed equabilmente diffuse, le valli sono più o meno distanti dal fiume, e portano le lor acque, quali più presto, e quali più tardi, nel comun recipiente.

È dunque naturale, che vi giunga prima dell'altre la piena dell'influente più prossimo, con tutto l'attiraglio delle sue ghiaje. Ciò forma un primo strato.

Succede quindi la piena dell'influente un pò più lontano, e vi lascia un secondo strato.

Lo stesso fa quella che arriva più tardi, perchè muove da più remota valle, e ha dovuto fare un viaggio più lungo; e così uno strato servendo di appoggio all'altro, va sempre più elevandosi, e riempiendosi il letto del fiume.

A ciò pur confluisce generalmente la breve durata delle fiumane, che sopravvengono con furia a' nostri giorni, e cessano quasi repentinamente per le ragioni, che abbiamo di sopra vedute. Troncandosi così alle acque la forza tutto ad un tratto, il decubito delle ghiaje dev' essere ancora più pronto e maggiore.

Ma oltre la progressiva applicazione degli strati uno sopra l'altro, vi è pure, anche nella distribuzione delle diverse materie lungo il corso dell'acque, una gradazione, e un ordine, che si rimarca costante.

Venendo sempre meno la pendenza de' fiumi, secondochè si vanno essi allontanando dai monti, ne segue, che lasciar debbano indietro primieramente i corpi più pesanti, e poi di mano in mano li più leggieri.

Quindi l' acqua prima di tutto abbandona le pietre di maggior mole, e di figure angolose ed irregolari: più tardi làscia i sassi, e i ciottoli rotondi, e più atti a ruzzolare sul fondo: indi depone le ghiaje, e le arene più grosse, poi le brecce sottili, e finalmente le terre più fine, e più pingui, portandone anche una parte sino alle fòci, e nel seno stesso del mare.

Potrebbe dirsi a questo riguardo, che i torrenti abbiano in certo modo il carattere de' ladroni, li quali, se sieno inseguiti, gettano il bottino più grosso e voluminoso, che impedisce loro la fuga, contentandosi di portar seco le cose più preziose e leggiere.

Non è poi difficile il conoscere con quali leggi saranno spinte le ghiaje.

Se, per esempio, sieno dati due fiumi uguali, e con pendenze pari, la distanza, a cui verranno spinte le ghiaje, sarà in ragion inversa della loro grossezza, ed irregolarità di figura, chiaro essendo che quanto più pesanti e più difficili al moto sono le materie, tanto minor viaggio potranno fare col medesimo impulso.

Ma se, date tutte le altre cose pari, sieno diverse le pendenze, sarà il cammino delle ghiaje in ragion diretta delle pendenze stesse, giacchè tanto più lungi discorreranno le materie, quanto più ripido sarà il declivio de' piani. Così si ragioni in tutti gli altri casi.

V'è dunque per ogni fiume un certo limite, o confine, ove possono giungere le ghiaje. Questo limite varia per appunto secondo la grandezza e figura delle materie, secondo la maggiore o minor massa d'acqua, secondo la differenza del pendio.

Perciò gl'idraulici molto bene divisero i fiumi in tronchi superiori ed inferiori, chiamando i primi quelli che partono dalla origine del fiume, e giungono fino all'ultimo limite delle ghiaje, e li secondi quelli, che cominciano dal finir di queste, e si stendono sino alle foci.

Ora da ciò, che si è detto, ne segue naturalmente la necessità della continua variazione del corso de' torrenti e de' fiumi ne' tronchi superiori.

Trovando l'acqua impedito ed ingombrato l'alveo dalle progressive deposizioni delle ghiaje, essa lo abbandona per andarsene in cerca di un altro, e dopo questo, ancora di un nuovo, e così sempre, finchè, riempiti e lasciati successivamente tutti gli alvei, ritorni poi nel corso de' tempi al letto primiero.

Perciocchè quello strascico di ghiaje, o piuttosto quella specie di lava, che vi conduce il torrente, e che forma i greti e le piaggie, come si è detto, rimanendo in asciutto al calar della piena, s'indurisce, e s'impietra a grado, che per molti anni non hanno più forza le fiumane di smuoverla.

Ma quando sia dal tempo indebolito a poco a poco quel legame tenace, allora il piaggione, dirò così, snocciolato divien nuovamente attaccabile dall' acqua.

Così essa sempre cangiando di luogo ne' tronchi superiori, e mai d'incostanza, lascia ciò, che si aveva preso, e ripiglia ciò che aveva lasciato. L'acqua è come quella maga di Circe, che si strascinava ognor dietro uno stuolo di amanti, ma tostochè avevano questi posseduto il suo letto, lasciavali sotto varie forme, e volgevasi altrove a cercarne degli altri.

Risulta quindi, che un fiume reale non potrà giammai stabilire il suo corso, se non quando non riceverà più alcun influente, che corra in ghiaja. E infatti, se lo ricevesse, in breve le materie dal medesimo condotte ne occuperebbero l' alveo per modo, che sarebbe costretto a mutar di corso, e a rivolgersi dove trovasse un più facile e libero cammino.

Ciò appunto è accaduto, come si sa dalle storie, al Po nè secoli addietro, allorchè spinto dai torrenti che discendevano dalle Alpi, e risospinto da quelli che precipitavano dagli Apennini, dovette andar lungamente rammingo, portando qua e là la sede del regno, sino a che, piegandosi opportunamente or a destra or a manca, si acconciò finalmente in un sito,

dove gl'influenti avevano ormai deposto il feroce costume di correre in ghiaja [a].

Egli è perciò che la saggia ed accorta architettrice d'acque, la natura, sempre allunga con varie tortuosità il corso de' torrenti, dopochè sboccarono dalle valli, che li tenevano per forza uniti, e loro destina larghi renaj, e piaggie deserte, ove abbiano campo di deponervi le ghiaje, prima che arrivino a mescolar le loro acque con fiumi navigabili, che hanno già stabilito il loro corso.

Ora si rende più manifesta la regola già indicata nel capitolo terzo, cioè che se può convenire la rettificazione, e nuova inalveazione de' tronchi inferiori de' fiumi, essa è per lo meno inutile, se non anche dannosa, ne' tronchi superiori, che corrono in ghiaja.

Abbreviandosi con la rettificazione il corso del fiume, e quindi accrescendosene il pendio, la rapidità, e la forza, potrà l'acqua spingere più di lontano le ghiaje, come si è mostrato, e portarle ad ingombrare anco il tronco inferiore, dove prima non giungevano.

E prescindendo anche dall'accelerazione e rapidità dell'acqua, basterebbe a produr questo effetto la sola maggior attitudine che acquistano le ghiaje di scor-

[a] Guglielm. *Nat. de' fiumi cap.* 9.
Frisio. *De' Fiumi e torr. lib.* 1 *cap.* 5.

rere, anco da se stesse, e con picciolo urto, sopra un piano più inclinato e più ripido.

Concorrendo poi tutte due le cause insieme, tanto più facile, e copioso, render si deve il discorrimento, e la prottrazion delle ghiaje nè tronchi inferiori.

Una eccezione potrebbe aver luogo soltanto, allorchè il torrente andasse direttamente a scaricarsi e perdersi, o in vasti deserti, o in qualche gran lago, o nell' immenso ricettacolo del mare. Ma questa combinazione è ben rara, e noi parliamo degli altri casi più frequenti ed ordinarj, quando il torrente va a sboccare in un fiume, chè non conduce più ghiaja.

Allora la rettificazione del torrente portando, come si è detto, le materie più grosse e pesanti nel seno stesso del fiume, ed occupandone il lett o, che prima n' era scevro ed immune, è forza ch' esso sloggi, dirò così, ed altrove trasporti il suo domicilio. Sono le ghiaje ospiti indiscreti, che giungono ad occupare tutta l'abitazione, ed a cacciar il padrone fuori di casa.

Nè da queste rettificazioni può sperarsi nemmeno che segua un benefizio, se non che breve ed effimero, alle parti superiori, che si contempla in tal guisa di preservare dalle invasioni del torrente.

Perciocchè accumulandosi di nuovo le ghiaje a cominciar dall' ultimo limite, tuttochè più lontano, a

cui per virtù delle nuove operazioni saranno spinte, ed alle spalle di queste aggiungendosi via via le sopravvegnenti, tornerà ben presto il torrente al primo giuoco, e riprenderà l'antico genio di cambiar di letto.

L'esperienze, che si fecero sull'Arno, sul Reno, sulla Dora, e sopra molti altri fiumi, che corrono in ghiaja, dimostrano quanto sia pericoloso il discostarsi dalla regola indicata, e con quanta circospezione e timore debba un prudente idraulico por mano, qualora per singolari circostanze vi fosse costretto, a siffatte operazioni [a].

Più animoso al contrario potrà essere l'architetto d'acque nella rettificazione, ed inalveazione de' tronchi inferiori de' fiumi, li quali non conducendo che arene, e terree particelle, sono anche più docili, e soffrono di essere ristretti in alvei più brevi, e più regolari.

Accrescendosi con ciò la velocità e la forza del fiume, si renderà esso più capace di solcare il proprio letto, e nell'afflusso delle nuove piene purgarlo da quelle deposizioni, che nel declinare delle piene precedenti vi erano state lasciate.

a Gugliel. *Nat. de' fiumi cap.* 9 *sopracit. prop.* 5.
Fris. *De' Fiumi e torr. lib.* 1 *cap.* 4
Manfr. *Annotaz. alla nat. de' fiumi cap.* 9.
Lecchi. *Dissertaz. prelim. de' tre torr.*

Ho creduto necessario di dover un poco arrestarmi su questo proposito per poter poi più fondatamente chiamare ad esame nella Seconda Parte i varj sistemi sulle ghiaje, e sulle rettificazioni de' torrenti e de' fiumi.

È dunque chiaro, che le piene sono la causa dell' alzamento del fondo de' fiumi, e della mutazione del loro corso: che l'immensa accumulazione delle ghiaje, e delle terre, rapite ai monti, e alle valli, sono quelle, che costringono l'acque ad invadere or questo, or quello de' nostri paesi: che queste successive rivoluzioni si fanno però con un ordine, che nell'orrida commistione e sbattimento di tante materie non parrebbe possibile: che vengon esse materie distribuite lungo il corso de' fiumi con una regola costante: che la distanza, a cui sono portate, può facilmente calcolarsi dietro i dati della loro mole e figura, della pendenza de' piani, e della massa dell' acqúe: che da ciò è determinato in ogni fiume un ultimo limite delle ghiaje, limite, che non sarebbe prudenza l'alterare: che i fiumi di corso stabilito, e navigabili, non possono ricevere impunemente, e senza grave sconcerto altre acque che quelle, le quali portano materie omogenee alle loro proprie: che appunto per questo la natura prolunga d'ordinario, o rende tortuoso il cor-

so de' torrenti, quando uscirono dalle valli, perchè abbiano tempo di lasciar indietro le ghiaje, le quali perpetuerebbero lo sconcerto delle riviere, senza che queste mai potessero fissare un corso regolare e permanente: ch'essa infine con ciò ci ammaestra in qual maniera dobbiamo, imitandola, dirigerci nella disciplina, e regolazione de' tronchi superiori, ed inferiori de' fiumi.

CAPO VIII.

Della sovversione del fondo de' fiumi, delle ripe, delle dighe ec.

L'altro effetto delle piene, come abbiamo accennato sul principio del capitolo precedente. è la sovversione del fondo, delle ripe, delle dighe, e di tutto ciò, che noi opponiamo alla violenza de' fiumi.

Se l'acqua andasse crescendo a grado a grado, e sempre parallela al fondo, e alle ripe, non potrebbe mai guari esser grande l'azione da essa esercitata sopra quello, e contro queste [a].

Dico grande, giacchè non si potrebbe adottar il parere, certamente strano, quando sia preso alla lettera, del Michelini, il quale diceva, che per quanto rapida, e strabocchevole fosse la colonna dell'acqua, che corre parallela alle sponde, queste non soffrirebbero mai alterazione veruna, quand'anche fossero di latte rappreso [b].

[a] Gugliel. *Nat. de' fiumi cap.* 7.
Zendr. *Leggi e fen. cap.* 8 *n.* 21.
[b] Michel. *Della Direz. de' fiumi cap.* 2 e 3.
Zendr. *Leggi e fen. cap.* 8 *n.* 17.

Ma quello che si deve intendere con ciò, e che intendeva senza dubbio il Michelini, egli è, che la impressione dell'acqua, finchè decorre parallela al fondo ed ai lati, riesce infinitamente minore di quella, che è prodotta dalla obbliquità d'azione dell'acqua medesima.

Giova di ben comprendere la forza di questa obbliquità d'azione, massimamente riguardo al fondo de' fiumi, giacchè con essa sola spiegar si possono adequatamente gli effetti prodigiosi e terribili delle piene.

In tre modi può l'acqua esercitar sul fondo un' azione obbliqua.

Il primo è quando sopraggiunge una subita piena: il secondo quando un fiume passa da un largo letto a un angusto: il terzo allorchè l'acqua incontra un ostacolo, e cerca di superarlo.

Cominciando dal primo caso, egli è chiaro, che entrando all'improvviso un immenso volume d'acqua nell'alveo del fiume, senza che abbia tempo di spianarsi, e diffondersi su tutta la sua lunghezza, essa vi forma come una specie di gibbosità eminente e progressiva, che agir deve obbliquamente, e fortemente sul fondo.

Tanto più violenta sarà poi l'azione della piena. quanto più subitaneo ne sarà l'afflusso, poichè più

vasto in tal caso è il cumulo, e quasi monte d'acqua, che sopravviene, e si rovescia sul fondo.

Allora fa essa l'effetto dell'aratro, con cui smuove e sovverte il letto del fiume.

Si vegga ora come si possa render ragione di molti fenomeni, che sembrano incredibili.

Accade talvolta, che di due piene uguali per volume d'acqua una faccia orribili ruine, e l'altra non cagioni sconcerto alcuno. La prima è quella che viene in un subito, la seconda lentamente. Quella con la soprastante mole dell'acqua agisce sul fondo come il vomere, questa crescendo a grado a grado, e senza perdere la direzion parallela, agisce come il cilindro solido, che si fa rotolar sul terreno per comprimerlo.

Perciò le piene più memorande in ogni paese, e più micidiali, furono sempre quelle, che derivarono da improvviso squagliamento di una gran copia di nevi, o da orribile rovescio di pioggia.

La tremenda inondazione del 9 dicembre 1742, di cui furono testimonj nel celebre lor viaggio al Perù gli Accademici Francesi, accadde appunto pel repentino struggimento d'immense nevi cagionato dalla esplosione del gran Vulcano di Cotopassi. Le acque salirono all'altezza di cento e venti piedi, e percor-

sero quaranta cinque miglia in tre ore. Tutto fu rovesciato e distrutto sul cammino di sì furiosa piena [a].

Anche di due piene ugualmente subitanee può accadere, che l'una produca un picciolo effetto, e l'altra un grandissimo.

Ciò viene dallo stato di magrezza, o d'abbondanza d'acqua, in cui trovasi il fiume principale all'affluir della piena. Nel primo caso la scarsezza d'acqua lascia, che la piena sopra incombente possa esercitar sul fondo tutta la sua energia: nel secondo, la forza della fiumana essendo smorzata dalla copia dell'acqua, che già trovasi nel fiume, non può agir più così efficacemente sul fondo.

Che se poi non vi fosse alcuna quantità d'acqua nel letto, in cui viene a cader la fiumana, come succede ai torrenti, che restano totalmente, o pressochè in asciutto, allora più profondi ancora si ravvisano i segni del vomere della piena, che passa, perchè immediata è appunto in tal caso, e nella sua totalità la impressione sul fondo.

E questa è la ragione degli squarciamenti, delle cavità, de' tranelli, e precipizj, che s'incontrano ne' luoghi, ove sia passata poc'anzi la rapida piena di un torrente, anche poco conosciuto ed ignobile.

[a] Mémoires de l'Acad. des scien. an. 1749.

Tali effetti, che pajono l'opera del ferro, piuttostochè dell'acqua, non potrebbero succedere, s'essa non agisse obbliquamente sul fondo come cuneo, o come aratro.

Di questa proprietà dell'acqua di agire sul fondo, quando sopraggiunge all'improvviso in massa, noi stessi se ne serviamo assai opportunamente per isgombrare i porti dalle sabbie, che vi lasciano i fiumi, o da quelle, che vi spingono dentro le tempeste, e le alte maree.

Si rinserra a tal oggetto con chiuse l'acqua marina in tempo del flusso, e della massima altezza, e quando siasi nel riflusso ritirato il mare, e trovisi nel punto più basso, si lascia uscir allora precipitosamente l'acqua imprigionata, la quale avventandosi sul fondo, ed investendo i banchi di sabbia, li corrode, e trasporta seco.

Consimile industria si pratica eziandio ne' tronchi superiori de' fiumi per muovere, e spingere innanzi le grandi cataste di pini, di faggi, e d'altre piante, che si tagliano nelle Alpi, o negli Apennini, per i nostri usi economici, e commerciali.

Ciò si fa coll'elevare l'acqua di qualche rivo, che scorra in fondo della valle, trattenendolo con traverse e valide serre, sicchè regurgiti indietro, e formi una

specie di lago. Abbattuta poscia in un subito la barriera, che sostiene il lago, l'acqua scatenata si precipita sul fondo asciutto della valle, prende in collo la enorme catasta, e la trasporta per un tratto, finchè, abbassatasi di nuovo l'acqua, e venuta meno la sua forza, convien ricominciare il primiero artifizio.

Queste appunto non altro sono che piene artifiziali, e locali, di cui, ad imitazione della natura, noi facciam uso per produrre effetti somiglianti a quelli delle piene naturali.

Il secondo caso, in cui l'acqua agisce obbliquamente sul fondo, è quando passa da un letto largo ad un altro notabilmente più ristretto.

Allora ingorgandosi l'acqua, e sollevandosi al di dietro, si precipita poi per lo stretto, e cade obbliquamente a battere sul fondo. Quanto più angusta è l'uscita, e quanto più è costretta l'acqua a retrocedere, ed alzarsi, tanto più efficace e potente in quel luogo è l'aratro della fiumana, che sopravviene.

Questo è ciò, che si vede in picciolo nell'acqua, che cade giù per le doccie de' nostri mulini, fucine, ed altri edifizj, o in quella, che passa sotto ponti troppo ristretti, e sproporzionati alla portata del fiume. Là v'è sempre a piè de' canali una escavazione profonda; qui il ponte è spesso inghiottito dalla voragine, che vi si forma.

Questo è pur ciò, che si osserva in grande nelle vaste riviere, le quali, se debbono passare, come spesso succede, per qualche varco, o defilato, danno luogo a quelle furiose e terribili correnti, che non possono essere che assai difficilmente superate.

Nel famoso stretto del Pongo il Maragnon corre con tanta rapidità, che M.r de la Condamine, per tentarne il passo, ebbe ad attendere, che l'acque di una piena poc'anzi sopravvenuta si abbassassero di trenta piedi. Passò allora la barca sotto una lunga volta, tortuosa, scavata dall'acqua nella rupe, dove appena dall'alto entrava raggio di luce [a].

Egli è perciò che ne' rapidi fiumi, e soggetti a grandi ed improvvise escrescenze, la prudenza consiglia di costruire i ponti nelle situazioni più larghe, e spaziose, per evitare il ringorgo, ed alzamento straordinario dell'acque, e con esso le furiose correnti, e le voragini, che ne sono l'effetto.

Il terzo caso, in cui l'acqua esercita la sua possente energia sul fondo, è quando incontra un ostacolo, e tenta di superarlo.

Fino i ruscelli contendono con li minuti sassi, e il loro mormorio non è che un contrasto per vincerli,

a Mem. de l'Acad. des sciences an. 1746.

ed una collera, che piace, come quella de' fanciulli, perchè non può nuocere.

Ora l'acqua, nell'assalire un ostacolo, o non può giungere a sormontarlo, ed allora, con tutta la velocità che la spinge, si alza, quanto può, contro il medesimo, e ricade dai lati; ovvero lo sormonta, e va a cadere dall'opposta parte.

Nell'un caso e nell'altro, o caschi l'acqua dai fianchi battuti, o dalle spalle soverchiate dell'ostacolo, vi corrode sempre, e scava il fondo, formandovi un gorgo, in cui fa precipitare il corpo che batte.

Con questo mezzo appunto l'acqua muove talvolta enormi massi, non già perchè possa ella cacciarli innanzi facendogli strisciare sulla immensa lor base, come se fossero tirati sopra una treggia, ovvero dando loro la volta, come noi facciamo con le spalle ai gran fardelli per ispingerli avanti, il che si crede dal popolo comunemente; ma perchè formando una profonda escavazione al piede, e togliendo al masso il sostegno, lo fa capitombolare nella cavità sottoposta.

Nel rovesciarsi però concepisce alle volte il masso un moto rotatorio, che lo travolve per qualche tratto, o dirittamente, se l'acqua gli cade per di dietro, o a sghembo, se cade dai lati. Ma poscia sedendosi di nuovo sulla sua base il macigno, ritorna l'acqua allo stesso assalto, ed alla stessa macchinazione di prima.

Nè deve credersi, che in altra guisa esser potesse trasportata dalla Zambra, picciolo torrente, ed oscuro, quella gran pietra verrucana, che fu descritta dal Grandi col solito suo ingegno, e calcolata del peso di due milioni di libbre [a].

Senz'aver bisogno di supporre in quel picciol torrente una forza portentosa ed incredibile, come ha dovuto fare quell'insigne matematico, basta il modo che abbiamo indicato per ispiegare un tal fenomeno, modo ben assai più facile, e più conforme alla condotta della natura, la quale si compiace di produrre li più grandi effetti con li più semplici mezzi.

Generalmente que' sassi enormi e mostruosi, che noi veggiamo nel letto asciutto, o lungo le rive de' torrenti, quando è passata la piena, furono per la maggior parte a poco a poco rotolati dall'acqua con lo stesso artifizio di scalzarli al piede, e di farli cadere col capo in giù nel precipizio da essa escavato.

Questo tremendo ed insidioso giuoco è pur quello, che fa l'acqua per demolir le dighe, e le moli erette contro i fiumi, come si dirà fra poco trattando de' ripari, dove pur mi riservo di parlare de' vortici, altro terribile stromento, di cui si serve l'acqua per escavar profondamente il suolo.

a Grandi. *Nuove considerazioni sul fiume Era n.* 23.

Resta ora, ch'io faccia un cenno anche delle corrosioni delle ripe, il che però ben più facilmente si comprende da tutti.

Succede questo allorchè si porta l'acqua a percuoter la sponda con direzione più o men obbliqua.

Abbiamo già veduto, che nelle piene i torrenti, ed i fiumi conducono seco una gran quantità di ghiaje. Essendo queste di varie faccie, e figure irregolari, come si è detto, e mescolandovisi talora piante con rami, ceppaje con barbe, e sterpi divelti, egli è naturale, che si formino qua e là degli ammucchiamenti, e de' banchi, li quali facendo l'uffizio di una diga, tuttochè informe, spingono l'acqua ad urtare con forza nell'opposta riva.

Or non potendo questa, massime se sia composta di arena, o di terra poco tenace, resistere all'impeto del filone, che la percuote di petto, e che inoltre alzandosi per l'ostacolo incontrato, ricade al suo piede, e la scalza per di sotto, togliendole la base, come si è veduto poc' anzi, convien, che la medesima sia inevitabilmente smottata, e demolita. La piena in questi casi fa cader la ripa a falda a falda, come fa il falciatore a un di presso con l'erbe, e con le messi del campo.

Disponendosi per tal modo la ripa in una curva, e rimandando l'acqua al contrario lato, da cui viene

per la stessa cagione risospinta, ne segue, che una corrosione ne chiami un'altra di sotto, e questa un' altra di nuovo all'opposta parte, e che così ambedue le sponde si conformino alternativamente in una serie d'archi concavi e convessi, facendo gli angoli di riflessione prossimamente uguali a quelli d'incidenza. Codeste svolte, e tortuosità continueranno, finchè nuove accumulazioni di materie nel letto del fiume non gli facciano prendere un'altra direzione, ovvero finchè per la debolezza delle ripe non giunga l'acqua a fare una irruzione altrove, ed a stabilirvisi.

Quello bensì ch'è singolare, e che merita di essere indicato, si è, che il più delle volte il maggior danno, e la maggior rovina delle ripe succede non già nel crescere della piena, ma nel calar della medesima.

La ragion è, che nel dilatarsi della piena nuoce alla forza la troppa dispersione dell'acque, ed il loro licenzioso divagamento; laddove, nel ritirarsi che fanno, tutte le direzioni si riducono ad una sola, e tutte le forze, ch'erano divise in molti rami, si concentrano nell'alveo, che resta dominante.

Sono i fiumi, a questo riguardo, come i corpi d'armata, li quali, finchè si spargono a depredár la campagna, non prendono i luoghi forti. Non altri-

menti le acque divise finiscono con una scorreria, unite in massa fanno breccia.

Risulta dunque da ciò, che si è detto, che l'energia, ed efficace impressione dell'acqua sul fondo, e contro le ripe dipende dall'obbliqua sua direzione: che la grande e subitanea affluenza delle piene, portando nel fiume un monte d'acqua, senza che abbia campo di poter distribuirsi gradatamente su tutta la sua lunghezza, esercita appunto coll'immenso suo peso sopra incombente un'azione obbliqua, e progressiva sul fondo, che lo sovverte, e scava, come fa l'aratro: che per la stessa cagione al disotto degli stretti, che angustiano i fiumi, si veggono escavazioni profonde: che per vincere gli ostacoli l'acqua si serve dell'artifizio di scavar loro al piede una fossa per precipitarveli: che sebben questo lavoro da essa si faccia occultamente, e senza che si possa osservarlo cogli occhi, non è perciò men vero, nè sono meno palesi li terribili effetti che ne procedono: che smuove, e fa camminar innanzi con tal mezzo enormi massi, e pietre mostruose: che mina nel modo stesso, ed atterra gli argini, e le ripe, associando l'insidia dell'escavazione alla forza aperta della percossa: che insomma questa obbliqua e tremenda azion dell'acqua sul fondo, e nei lati, in tempo di piena è la causa primaria della

caduta delle moli, e dell'opere più dispendiose innalzate dall'umana industria contro la violenza de' torrenti, e de' fiumi.

Ora vedremo qual uso far si possa di queste osservazioni nella costruzione delle dighe, e de' ripari.

Ma prima di dar mano a tal importante articolo, non posso qui tralasciar d'indicare, e di spiegare un altro fenomeno singolarissimo, che si riscontra ne' fiumi in tempo di piene.

CAPO IX.

Del ventre delle piene.

Abbiamo già veduto, che i fiumi si muovono sopra piani variamente inclinati. Precipitosa è la loro pendenza fra i monti, mitissima, e quasi nulla verso le foci.

Anche però nello spazio intermedio si trovano irregolarità notabilissime: li passaggi da un piano all' altro sono talora estremi: da un letto molto pendente si passa non di rado all'orizzontale, ed anco all'acclive, giacchè la superficie terrestre è appunto conformata in guisa, che per ogni dove s'incontrano salite, discese, prominenze, avvallamenti, pianure, e così a vicenda [a].

Egli è appunto nelle situazioni, dove il fiume passa bruscamente da un piano declive ad un orizzontale, o quasi, che all'affluir della piena si genera un insigne gonfiamento, che dicesi *il ventre*. E siccome fra le molte mutazioni di declivio ve n'ha sempre una più marcata e sensibile dell'altre, così v'ha

[a] Barattieri. *Architet. d'acque lib. 6 cap.* 10.
Zendr. *Leggi e fen. cap.* 7 *n.* 18.
Lecchi. *De' tre torrenti cap.* 3.

pure in ogni fiume un ventre massimo della piena. Esso divien talora, nel tronco dove ha luogo, smisurato e mostruoso.

Si vedrà nella Seconda Parte, dove riferirò li molti esperimenti da me fatti anche su questo fenomeno, che quando l'acqua passa da un canale inclinato ad un orizzontale, o meno declive, perde sensibilmente del suo moto, comincia tosto a gonfiarsi, e vi forma il ventre: che quanto più cresce l'inclinazione di un canale all'altro, tanto più alto diviene il ventre: che ritenuta la medesima inclinazione, ed accresciuta la massa dell'acqua, non si disperde già il ventre, come sembra che far dovesse, per l'impeto maggiore, ma cresce anzi, e si rinforza: che la sua figura è quella di una curva convessa, con la cima, o colmo in sul mezzo, quasi come una coppa rovesciata, o un segmento di sfera: che i galleggianti discesi dal piano più ripido, e travolti nel sito del passaggio, si veggono ricomparire sulla cima del ventre, come i corpi naufraghi a galla dei flutti del mare, poi discendono placidamente dall'opposta parte: che se il colmo del ventre trabocca dalle sponde, non cessa poi dal rinversarsi, nemmeno col sottrarre, e diminuire alcun poco l'acqua, ma continua l'effusione, come fa la caldaja bollente, che ha cominciato a soperchiare, e che non s'arresta neppur se sia rimossa la fiamma.

Ora veggiamo, come si possa render ragione di alcuni effetti delle piene, che sembrano straordinari, e che non pertanto sono naturalissimi.

Tutti gli storici antichi fanno menzione delle terribili inondazioni del Tevere accadute in Roma, e nelle sue vicinanze, senza che altrove il fiume abbia fatto consimili ruine [a].

L'ampio diversivo fatto aprire nel Tevere da Nerva non giovò a togliere l'inondazioni [b].

Anche modernamente il Castelli osservò, che nella gran piena dell'anno 1598, il fiume aveva inondata tutta la città, mentre non era uscito dal suo letto, nè di sopra, nè da Roma al mare [c].

[a] Vidimus flavum Tiberim retortis
Litore etrusco violenter undis
Ire dejectum monumenta Regis
Templaque Vestæ. Hor. *Od.* 2 *lib.* 1.

Continuis imbribus auctus Tiberis plena urbis stagnaverat: relabentem secuta est ædificiorum et hominum strages. Tacit. *Annal. lib.* 1 *n.* 76.

Idem. *Hist. lib.* 1. *n.* 86.

Tiberis, antea Tybris appellatus, nusquam magis aquis, quam in ipsa urbe stagnantibus. Plin. *Hist. nat. lib.* 1 *n.* 19.

[b] Tiberis alveum excessit, et quamquam fossa, quam providentissimus imperator fecit, exhaustus, tamen premit valles, innatat campis, quæ solet flumina excipere, et permixta devehere, velut obvius retro cogit etc. Plin. Secun. *lib.* 8 *epist.* 17.

[c] Castelli. *Mis. dell'acque corr. coroll.* 14.

Idem. *Lettera al P. Frances. di s. Giuseppe.*

Egli è probabilissimo, che il gran ventre del Tevere si verifichi appunto nel tronco, che bagna Roma.

Anche l'Arno ha senza dubbio, come l'esperienza il dimostra, il suo ventre massimo presso Pisa, dove si scema notabilmente, e prontamente la pendenza del suolo.

Perciò appunto in quella città, e ne' contorni, si sollevò nelle piene il fiume ad altezze sorprendenti, e di gran lunga maggiori di quelle, che sieno mai state al di sopra, o al di sotto. Nulla giovarono in tali casi gli emissarj praticati nelle sponde per dare uno sfogo alle acque. Il gonfiamento, e l'inondazione continuarono per giornate intere, ad onta che le bocche de' diversivi si fossero dilatate enormemente. Ma il ventre, quando è divenuto mostruoso, come abbiamo rimarcato, non cessa dal soperchiar le ripe, e dal rinversarsi, nemmeno con la sottrazione dell'acque[a].

Il Barattieri, che fu il primo ad accorgersi di questo fenomeno, aveva notato con sorpresa nella sua archi-

[a] Nel novambre 1761, in tempo d'una gran piena, essendosi replicato l'antico taglio, la piena continuò a crescere a segno tale, che alcuni non si sapevano persuadere, che il taglio si fosse fatto. Alle 7 della sera si feca aprire per circa otto braccia l'argine sinistro del fiume alle Fornacette, che fu presto allargato dalle acque fino a 28, o 30 braccia. Non ostante l'ampiezza della sezione, e la quantità d'acqua cha usciva, seguitò in Pisa a crescere la piena, e verso le ore 11 arrivò alla massima altezza, che si sia vista a memoria d'uomini. Frisio. *De' Fiumi e torr. lib.* 2 *cap.* 2.

tettura idraulica, che l'acqua dello Stirone, nello spazio di sole sei miglia, gonfiavasi straordinariamente fino a un certo punto, e poscia gradatamente si ribassava di nuovo, formando una stranissima protuberanza, come si fa tirando a se con le mani le due estremità di una verga flessibile, che s'incurva ad arco, o com'è il dorso gibboso del cammello [a].

Lo Zendrini nell'esaminare la piena del Po accaduta nel novembre 1719 aveva fatto la medesima osservazione.

Il gran ventre del Po ebbe luogo fra il Crostolo, ed Ostiglia, e si estese per tutto quel cospicuo tronco di circa quarantadue miglia, ascendendo con la sua curva superficie da una parte, e discendendo dall' altra. Il colmo del ventre poi si trovò a s. Benedetto di Polirone [b].

Nell'anno 1721 fece pure quel celebre idraulico una simile osservazione sull'Adige. Il ventre massimo della piena si rinvenne fra Rotta Sabadina, e Fiume novo: il colmo del ventre fra Lusia, e la Boara, dove si è mantenuto costantemente a grande altezza, tuttochè avesse il fiume squarciati gli argini in quattro

[a] Baratt. *Architett. d'acque lib.* 6 *cap* 10.
[b] Zendr. *Leggi e fen. cap.* 7 *n.* 20 *e seguenti.*

luoghi, e per quattro bocche si rovesciasse sulle campagne dall'uno e dall' altro lato [a].

Egli è infatti naturale, che le rotte de' fiumi succedano particolarmente nelle situazioni, ove ha luogo il ventre.

Perciocchè alzandosi in que' siti la piena a un grado strabocchevole, e molto maggiore che in qualunque altro punto del fiume, il colmo del ventre non può essere in verun modo contenuto dagli argini. Comincia dunque ad effondersi, e versarsi dall'una e dall' altra sponda. Or essendo queste altissime, per nostra sciagura, e ripide dalla parte della campagna, le acque, che vi discendono con precipizio, se anche sieno poche, pigliano forza di solcare la schiena degli argini, rodendoli sempre più, ed asportandone la terra, finchè l'argine indebolito convien che si sfianchi, e lasci libero il varco alla fiumana che il preme.

Nè in altro modo senza dubbio è accaduta presso Lusia nell'anno 1774 quella famosa rotta dell'Adige, riferita dal Lorgna, che aveva fatto negli argini l'enorme apertura di circa piedi mille [b].

La rotta si trovò appunto nella medesima situazione del gran ventre del fiume, ch'era stata cinquant'

a Zendr. *ibidem n.* 29 e 30.

b Lorgna. *Memorie intorno alle acque correnti: mem.* 4 *n.* 5.

anni prima rimarcata dallo Zendrini, come abbiamo poc'anzi veduto. Ma quella osservazione era rimasta infruttuosa e negletta, come avviene di molte verità, nelle quali alle volte s'inciampa, per così dire, co' piedi, ma, o non sono avvertite, o non se ne fa conto, ed esse restano lungamente nella polvere.

Anche il Castelli, e quell'anonimo, di cui parla Zendrini, e così pure il Michelotti, ed il Bonati nelle loro esperienze praticate con canali artefatti, rimarcarono la circostanza del ventre, giacchè non può farsi esperimento senza che balzi agli occhi; ma fu da essi pure trascurato, e lasciato giacente il fenomeno [a].

Ora si vede il perchè, se sieno interrogati successivamente li villici, che abitano lungo le sponde di una riviera, a qual altezza sia giunta ne' rispettivi loro villaggi la piena, gli uni rispondono ch'è giunta, per esempio, a cinque piedi, gli altri di sotto a dieci, e finalmente li più inferiori nuovamente a cinque. Tutti dicono il vero: quelli di mezzo si trovano nel colmo del ventre della fiumana.

a Castelli. *Mis. dell'acque prop. 4 coroll. 2.*
Zend. *Leggi e fen. cap. 4 n. 16.*
Teod. Bonati. *Esam. dell'esper. del Ganneti.*
Michel *Esperim. idraul. tom. 1.*

Ecco pure il motivo, per cui, navigando sopra un fiume reale, ora s'incontrino ripe altissime, ora molto più basse, sicchè sembrano a chi le mira, o soverchie quelle, o insufficienti queste. Ma l'esperienza fece conoscere agli abitatori di quelle sponde, quale ne doveva essere l'altezza rispettiva, per proporzionarle al colmo del ventre della piena locale.

Da ciò ancora si vede il perchè siasi resa inutile quella magnifica cascata d'acqua fuori della città di Fano, chiamata *la Liscia,* dove ad oggetto di tener espurgato e navigabile il canale del porto, si era fatto precipitare un ramo del fiume per un piano artificiale fortemente inclinato. La rapidità concepita dall'acqua era prodigiosa: nel suo cadere l'aspergine minutissima, prodotta dall'impeto, formava una specie di fumo sulla sua superficie. Ma poco lungi dalla caduta estinguevasi quasi in un subito cotanta velocità, il che faceva meravigliare il Boscovich nel contemplarla.

Passando in un istante l'acqua da un piano molto declive ad un orizzontale, doveva perdere assai del suo moto, e formarvi il ventre, e quindi non solo render vano l'effetto contemplato, ma produrne anzi un contrario, poichè, venendo dal mare, conveniva rimontare a stento il colmo del ventre.

Questi esempj devono impegnar vivamente gl' idraulici a cercare i mezzi di evitare, o almeno di mitigare gli effetti, per lo più micidiali, del ventre delle piene.

Egli è chiaro in primo luogo, che sarebbe imprudente il fare nel sito del ventre alcuna operazione, la quale diminuisse ancora più la pendenza, e rallentasse maggiormente il corso del fiume.

Tale sarebbe, per esempio, una pescaja, o chiusa, come si costuma di fare a traverso de' fiumi, per alzar le acque, e derivarne una parte ad uso di edifizj, o d'irrigazioni.

Certo è, che se la pescaja venisse a cadere nella situazione del ventre massimo, potrebbe riuscir pericolosa e funesta. Al contrario se la chiusa sia piantata fuori del ventre, e dove molto sensibile è la pendenza, può non esser guari di pregiudizio alla buona disciplina del fiume.

Egli è appunto per questo, come io credo, che nacquero fra gl'idraulici, anche li più illuminati e più saggi, quasi due opposte opinioni sul merito delle pescaje.

Gli uni le riguardano come perniciose e fatali, e riferiscono in prova esempj di grandi alzamenti d'acque, e di terribili inondazioni accadute soltanto dopo la loro costruzione, e non mai vedute per lo innanzi.

Gli altri riguardano le chiuse come innocue al corso del fiume, dicendo, che se l'acqua può perdere superiormente un pò della sua velocità, la riacquista poi subito nel cader dalla cresta della pescaja: che si solleva bensì alquanto il letto del fiume al di dietro, ma che si dispone in una curva favorevole al corso, com'è la cicloide, e tanto ciò esser vero, che non vengono nemmeno arrestate dalla chiusa le ghiaje, le quali, quando sia riempiuto il vano, che le si forma alle spalle, continuano a passare sopra il ciglio della medesima, come facevano dapprima.

Ognuno de' due partiti è in ciò di buona fede, ed ognuno può aver ragione. La steceaja, che si fa nella sfera del ventre del fiume, coll'aggiungere ostacolo ad ostacolo, ed alzamento ad alzamento, dev'essere senza dubbio, come si è detto, pericolosa, e può divenir micidiale. Ma la pescaja ne' tronchi superiori, dove maggior è il declivio del piano, può non esser dannosa, e talora diventar anzi opportuna per moderare la velocità soverchia dell'acque, e per frenare un poco l'intemperante scorrimento delle ghiaje [a].

[a] Viviani. *Discor. sull' Arno*
Guglielm.. *Nat. de' fiumi cap.* 7 e 12.
Grandi. *Rifless. circa l'alzamento d'una pescaja sul fiume Era.*
Poleni. *Delle Pescaje e cateratte*
Frisio. *De' Fiumi e torr. ec.*

Che se nocevoli nel sito del ventre riuscir debbono le traverse, o pescaje, non lo saranno meno per il medesimo motivo le tortuosità, e li ravvolgimenti viziosi, e moltiplicati del fiume. Perciò se la rettificazione degli alvei, di cui si è parlato di sopra, si trova sempre utile, dove poca è la pendenza del piano, ella sarà utilissima e necessaria nella località del ventre massimo per dare uno sfogo più facile al gran corpo dell'acque.

Provvida del pari ed utilissima nel sito del ventre riuscirebbe la escavazione del tronco, che va soggetto a così viziosa corpulenza, poichè col togliere l'asprezza dell'angolo, e col raddolcire il passaggio dal piano declive all'orizzontale, si verrebbe a rimuovere in gran parte la causa vera e primaria di questa direi quasi organica malattia del fiume.

Noi non usiamo in tali casi altro rimedio, che quello di sempre più elevare, e rincalzare gli argini del tronco vizioso, ma questo rimedio, convien confessarlo, e l'esperienza ce ne costringe, è più fatto per sospendere che per togliere il pericolo, più per tirare innanzi che per aver salute; oltrechè a forza di applicarlo, diviene un tal rimedio ognora più debole ed inefficа-

Zendrini. *Leggi e fen. cap.* 5.
Lecchi. *Piano di separazione de' tre torrenti.*

ce, ed allora ci lascia esposti a tutto il furore del fiume, che sembra voler vendicarsi sulle nostre campagne della lunga resistenza oppostagli, come fa chi prende d'assalto una fortezza ostinatamente difesa.

Se si trattasse poi della nuova unione, ed immissione di un fiume minore in un maggiore, può esser forse essenziale, e decisivo pel buon successo dell' opera, il conoscere prima di tutto, se la progettata imboccatura venga a cadere nella situazione del ventre massimo del comun recipiente. Perciocchè parrebbe, ch'evitar si dovesse con gran cura d'incontrarsi nel ventre del fiume, onde coll'aggiunta di nuove acque in quel sito geloso non si porti il colmo del ventre ad un'altezza ancora più enorme, come avviene nell'esperimento de' canali or ora indicato, dove la maggior massa dell'acqua non disperde già il ventre, ma lo rinvigorisce, ed aumenta.

Similmente per render utili i diversivi, qualora possano esserlo, non sarà forse indifferente, che la bocca dell'emissario sia praticata nel tratto ascendente, o nel colmo, o nella discesa del ventre.

Ma io non pretendo in veruna maniera di esaurire questo articolo, che può dirsi ancora quasi del tutto nuovo. Io non ho inteso con ciò se non di dare un eccitamento agl'idraulici per illustrar davvantaggio

con accorte, e ripetute osservazioni, un fenomeno dell'acque correnti così singolare, il quale, unitamente alle altre cause già mentovate, ha molta parte anch'esso senza dubbio nelle inondazioni, e rovine de' nostri fiumi.

Per difenderci appunto possibilmente da queste ruine, si sono immaginate dagli uomini quelle operazioni, che si chiamano dighe, e ripari, di cui or debbo parlare, come mi era di sopra impegnato.

CAPO X.

Delle dighe e ripari.

Mentre talora, sulle rive di un torrente quasi asciutto, io andava solitario meditando, e disegnando sull' arena le varie sorta di ripari, che furono inventati per resistere alla forza dell'acque, e mentre io diceva a me stesso: questi sono i pignoni di don Famiano, queste le sassaje del Viviani, così le palafitte del Montanari, così li prismi dello Zendrini, egli è più d'una volta accaduto, che l'acqua cresciuta per neve disciolta portò seco i prismi, le palafitte, i pignoni, e le sassaje. Io mi ritirava con la mente confitta nel medesimo oggetto.

A due cose principali però si riduce tutta la dottrina de' ripari. La prima è la direzione, la seconda è la forma.

Tutte due hanno le lor regole, e tutte due debbono cospirare allo stesso fine; poichè la direzion del riparo, sebben ragionata, ed appropriata al sito, e al bisogno, potrebbe riuscir vana senza una forma opportuna, che gli dia la debita consistenza; e viceversa la forma ottimamente concepita, e ben eseguita, po-

trebbe riuscir inutile, ed anco dannosa, quando avesse una direzione inconveniente.

Parlerò prima di tutto della direzione, poi della forma.

V'ha di quelli, che adottarono il sistema di combattere di fronte il fiume, acciocchè, quando sia spezzato e depresso il suo orgoglio, si lasci dirigere e condurre più agevolmente.

Altri all'opposto adottarono il sistema della destrità, e della dolcezza, volendo, che sia più prudente e più cauto il non opporsi direttamente alla forza immensa dell'acqua, ma l'andar a grado a grado cedendo e resistendo insieme, sicchè il fiume da se stessó, senz'accorgersi, e quasi spontaneamente si pieghi, e si rivolga a quel cammino, che gli si vuole prescrivere.

Così variano appunto le opinioni sul contegno da tenersi con un giovane vivace e iracondo. Chi crede doversi far uso di tutto il rigore, e fermezza, per rintuzzar le giovanili tendenze: chi stima esser migliore la via del consiglio, e della persuasione. Per altro egli è spesso più facile, come diceva un idraulico illustre, il domar gl'impetuosi torrenti, che le passioni umane.

Il Michelini fu forse il primo, che pose in riputazione il sistema di attaccar di fronte il fiume. Li suoi pignoni, o speronate si avanzano arditamente verso il filone, e non temono di far con esso un angolo retto.

Anzi tanta è la fiducia ch'egli ha nel proprio sistema, che non dubita di piantar perfino il pignone allo insù, dicontro alla corrente stessa dell'acqua, facendo con la ripa superiore un angolo acuto [a].

La ragione, ch'egli adduce per giustificare un tal metodo, non è, a dir vero, senza ingegno.

Allorchè un riparo si oppone di fronte alla correntìa del fiume, deve necessariamente accadere, che rompendosi l'impeto dell'acqua, e diventando essa pigra, e quasi stagnante nell'angolo, che fa il riparo con la sponda del fiume, deponga in quel luogo la ghiaja, la rena, ed il limo. Con ciò si solleva il fondo, si rincalza e si fortifica il riparo, e si ottiene, che l'acqua, invece di esser causa di distruzione, divenga essa medesima stromento di difesa.

Per quanto però confidar si voglia in questi arditi ripari, essi hanno tre inconvenienti non lievi.

Il primo è quello, che viene spesso corrosa la ripa a cui si appoggiano, atteso l'urto, che vi fa l'acqua rimbalzata indietro dal riparo, sicchè può succedere

a Michel. *Della direzione de' fiumi cap.* 23 *e seguenti.*

facilmente, e succede infatto per lo più, che sia staccato dalla sponda, e che rimanga isolato, ed esposto ad essere assalito dall'acqua alle spalle [a].

L'altro inconveniente è quello di produrre de' vortici.

L'acqua riflettuta dal riparo retto, non potendo retrocedere nella medesima direzione del fiume a cagion d'essere senza posa cacciata dall'acqua sopravvegnente, è costretta a torcersi dalla parte della ripa, ed a porsi in giro per ritornar nella corrente, la quale nuovamente spingendola vi fa nascere il moto circolare, e vi forma il vortice, che continua poi a girare impetuosamente per li sempre nuovi strisciamenti dell'acqua sulla sua circonferenza, come una ruota pensile, che quando sia in moto con la sola applicazion della mano sulla sua periferia si può far girar lungamente, o come fanno i fanciulli al gioco del paleo battendolo con la sferza [b]

Ora i vortici sono appunto una delle cause dell'eccidio de' ripari, come si vedrà fra poco.

a Quando l'angolo è acuto, cospira ancora la prima impressione a staccar dalla ripa l'ostacolo, e a trabalzarlo verso il filone. Grandi. *Mov. dell' acqua cap.* 6 *prop.* 41 *scol.* 1.

b Riconoscono i vortici il più delle volte l'origine dalla inclinazione degli ostacoli ad angolo retto, o acuto, contro la corrente, da' quali è ribattuta la direzion dell'acqua verso la ripa. Gugliel. *Nat. de' fiumi cap* 7.

Il terzo difetto de' ripari retti, e più ancora degl' inclinati ad angolo acuto, è quello di rimanere dopo qualche piena, quand'anche resistano, abbandonati dal fiume, per motivo appunto della ghiaja, e della sabbia, che non avendo sfogo, si arresta, e si ammonticchia loro dinanzi, alzando il suolo, ed obbligando l'acqua a dar luogo.

Si ritira ella di fatto alquanto dal riparo, ma quasi si sdegni di essere stata costretta a cangiar di sito, si rivolge subito dopo al di sotto contro la medesima sponda, da cui volevasi allontanarla. Si aggiunga, che la punta di tali ripari è così fieramente tormentata, e flagellata dall'impeto dell'acqua, che riesce assai malagevole il sostenerla.

Tuttochè dunque in qualche caso particolare possa convenir l'audacia di tali ripari, (semprechè però sieno appoggiati ad una sponda valida e forte, che gli assicuri alle spalle) nulladimeno si ricerca molto giudizio, e molta discrezione nel farne uso.

In generale più cauta, e più efficace sarà la direzione, che forma con la ripa superiore un angolo ottuso, come quella, che meno aspramente opponendosi all'impeto dell'acqua, nè può sostener la violenza con minor pericolo, e come quella, che gradatamente bensì, ma con più di sicurezza, conduce il fiume in fine del conto ad obbedir al nostro volere.

Anche in questo modo però si richiede un savio discernimento, ed un certo confine, poichè se troppo fosse guardingo e pusillanime l'architetto d'acque, e per soverchia cautela e timore facesse un riparo troppo corrivo ed indulgente, che secondasse il mal talento del fiume, o appena vi si opponesse, caderebbe in un altro inconveniente.

Non v' ha dubbio, che quanto più dolce è il riparo, dev'essere tanto più lungo per produrre l'effetto; giacchè ciò, che non si vuole conseguire con un impulso solo, e forte, non puossi ottenere, che con una serie di piccioli urti lungamente ripetuti.

Ora la soverchia lunghezza, oltrechè accresce di molto la spesa della costruzione, oggetto sempre gravissimo, aumenta pur anco il pericolo del riparo, e perchè presente una maggior superficie agli urti del fiume, e perchè allettando, ed invitando con la sua connivenza l'acqua ad appoggiarvisi con tutto il filone, rimane senza tregua esposto alla sua sempre viva e pertinace azione, ed energia.

Sembra che i ripari ritengano la natura di ogni altra fortificazione. Se troppo si estende la linea, essa divien debole, e facile a rompersi: se troppo si restringe, lascia de' luoghi scoperti, e senza difesa.

Quindi non si potrebbe dare una misura generale. La varietà delle situazioni, l'indole del fiume, la mole e la sopravvenienza più o meno rapida delle sue piene, il minore o maggior effetto che si vuol ottenere, queste, e tutte le altre circostanze devono servir di norma al giudizioso idraulico per determinare quella direzione, ed estension di riparo, che nel dato caso può essere più conveniente [a].

Ciò fa conoscere chiaramente non poter essere sempre vera, ed utilmente applicabile la regola generale data dal Frisio, cioè, che la situazione più vantaggiosa, com'egli si esprime, che possa darsi a un pennello, si è quella, in cui esso forma con la ripa inferiore un angolo di gradi quarantacinque [b].

L'altra parte della dottrina de ripari è quella, che riguarda la forma.

Prima però di stabilire, qual possa esser la forma più acconcia a render vano l'assalto delle piene, convien di nuovo por mente alle cause principali, che distruggono le nostre opere innalzate contro i fiumi.

a Viviani. *Discor. sull' Arno.*
Gugliel. *Nat. de' fiumi cap.* 6 *e* 7.
Grandi. *Del Movim. dell' acque cap.* 6 *prop* 41 *usque* 46
Zendrini. *Leggi e fen. cap.* 8 *e* 9.
b Frisio. *De' Fiumi e torr. lib.* 3 *cap.* 3 *in fine.*

Tre sono queste cause già di sopra accennate. L'una è l'azione obbliqua sul fondo: l'altra è l'azion perpendicolare sul fondo stesso: la terza è la percossa.

Nasce la prima dall'impression successiva dell' acqua sopra incombente: nasce la seconda dalla forza de' vortici: la terza deriva dall'urto della colonna d'acqua che si spezza contro il riparo. L'una scava il fondo del fiume, come fa l'aratro: l'altra lo trapassa, come fa la terebra: batte la terza il riparo, come fa l'ariete.

Avendo già molto parlato della prima in uno de' precedenti capitoli, basterà qui farne un cenno.

Si è detto, che l'acqua esercita l'obbliqua sua azione sul fondo in più modi; e quando sopravviene in massa per rapida piena; e quando è obbligata a passare per angusto varco; e quando urta in un ostacolo, s'alza, e cade al suo piede.

Se uno solo di questi modi di agire, separatamente preso, può cagionare, come si è veduto, un terribile effetto sul fondo, quanto più nol faranno insieme congiurati? Ora ciò appunto è quello, che accade al riparo.

Il subitaneo afflusso della piena, e la gran massa d'acqua sopravvegnente scava, e sovverte il terreno, su cui s'alza il riparo.

Spingendosi esso più o meno innanzi, ed attraversando o poco o molto il corso del fiume, viene con ciò a restringersi la colonna dell' acqua, massime verso la punta, e quindi vi si forma una rapida corrente, che tanto più agisce sul fondo.

Finalmente per l' ostacolo del riparo alzandosi l'onda, e ricadendo, accresce vie più l'energia dell'impressione sul suolo.

È dunque soggetto il riparo a tutti i modi, e a tutti gli effetti dell'azione obbliqua, che può esercitar l'acqua sul fondo.

L'altra più ancora micidial azione dell'acqua sul fondo è la perpendicolare, che nasce dai vortici generati lungo il riparo, massime nell'accesso tumultuoso delle fiumane.

La loro figura è quella di un cono rovesciato, con l' apice insistente sul fondo, e con la base alla superficie, la quale essendo posta in giro dalla corrente del fiume, come si è detto, e con essa girando tutto il cono, acquista una forza immensa ed incredibile, per trapassar con la punta il terreno, e per produrre cavità e gorghi spaventevoli, che si dilatano sempre più a danno del riparo, e gli scavano in certo modo la tomba.

Possono i vortici ben propriamente assomigliarsi nell'effetto al succhiello, o al trapanatojo, con cui non solamente si traforano le grosse travi, ma i marmi eziandio, e li metalli.

Ora la forza del vortice cresce prodigiosamente a misura, che si fa maggiore la massa, e la rapidità dell'acqua; poichè se sia, per esempio, doppia l'altezza, restando le altre cose pari, sarà la forza quadrupla, e se sia tripla quella, sarà nonupla questa, e così sempre come li quadrati delle altezze, dal che si conosce a qual grado portentoso di attività per trivellare e scavare il suolo nei fiumi profondi, arrivar possa questo gran cono d'acqua impetuosamente converso, ed aggirato [a].

Quindi li più diligenti osservatori, e grandi architetti d'acque, riconobbero, ed appresero con giusto timore la possente influenza del vortice nell'atterrare le più valide moli.

Il Guglielmini notò in più d'un luogo la forza de' vortici, e gironi d'acqua, distinguendo li mobili e vaganti sulla superficie del fiume, che passano e si dileguano come la vita degli uomini, da quelli, che

[a] Onde resta assai chiaro il grande aumento che riceve il vortice a misura della di lui profondità, di modo che il doppio di altezza porta quattro volte più di forza ec. Zendrini. *Leggi e fen. cap.* 8 *n.* 8, 9 *ec.*

arrivano al fondo, e che non cambiano mai di sito, perchè sono prodotti da una cagione sempre attiva e costante.

Non sa poi quell'insigne idraulico come dipingere il loro terribile effetto. Ora dice, che le profondità da essi causate non potrebbero credersi, se non lo mostrasse l'esperienza; ora che squarciano il seno della terra, come il tridente di Nettuno, e vi formano voragini, anzichè gorghi, con le loro punte spaventose [a].

Non meno di lui apprende lo Zendrini la forza, e l'insidia insieme de' vortici, che lavorano di soppiatto nel fondo del fiume, senza che si possa avvedersene, prima che con la caduta del riparo, o della diga, che pareva inespugnabile, non si manifesti la frode che vi era coperta. Per questo motivo egli li chiama la peste de' fiumi, e paragona la loro forza a quella de' turbini, e degli uragani, che si formano nell'aria [b].

Anche il Frisio dichiara, che negli esami da lui fatti lungo il corso del Po, ha trovati pressochè tutti li pennelli scossi e malconci, singolarmente alla punta, dalla violenza de' vortici [c]. Ma troppo lungo sarebbe il riferire le testimonianze di tutti gli scrittori, che

a Guglielm. *Nat. de' fiumi cap.* 7.
b Zendrini. *Leggi e fen. cap.* 8 *n.* 5 *e seg.*
c Frisio. *De' Fiumi e torr. lib.* 3 *cap.* 3.

hanno riconosciuto l'immensa forza, e la non meno terribile insidia de' vortici.

Non è dunque da sorprendersi, se il riparo, qualunque sia, cede a quelle due formidabili potenze, che hanno l'antico diritto di soggiogar tutto, l'astuzia, e la forza.

Il terzo modo di attacco, che l'acqua pone in opra contro il riparo, è la percossa.

Con questo mezzo essa giunge a disgregar le parti ond'è composto, ed a rompere l'unione, e la compage, che lo fa forte.

Ciò essa ottiene non solo coll'urto suo ad ogni istante ripetuto, ma con quello eziandio de' sassi, de' tronchi, ed altri corpi pesanti, che trae seco nelle piene, come si è detto, e che scaglia fieramente contro la diga, facendo far loro in certa guisa la funzione della catapulta, e della balista, di cui si servivano i nostri padri per abbattere le porte, e le mura delle antiche rocche.

Ora per riconoscere qual sia la miglior forma de' ripari, consultiamo la natura.

Si vede, che quando ella forma da se medesima, e di suo proprio disegno, sempre sublimemente geometrico, le sponde ad un fiume torbido, sono esse dolcemente inclinate, e vanno via via sempre allargandosi, a misura, che si alzano dal fondo alla cima.

Tali sono appunto le ripe de' fiumi, che nel lungo loro corso per vasti paesi si sono inalveati da se medesimi con le proprie deposizioni.

Si è pure osservato, che molte volte le fiumane hanno abbattuto muraglie solidissime, e dighe costrutte con enormi spese, nel tempo stesso, che risparmiarono deboli ripe composte di terra, e vestite di sole gramigne. Nell'esaminare le circostanze di così strano fenomeno, si è riconosciuto costantemente, che queste rive, non d'altro coperte, che d'erbe, e spesso prive ancô di tale difesa, avevano però un declivio umilissimo verso il fiume, ed all'incontro le moli or ora indicate opponevano all'acqua una fronte ardita, e perpendicolare.

Un'altra osservazione importante è quella, che in tutte le valli, dove da un lato vi sieno monti scoscesi, e tagliati a picco, e dall'altro terre e piaggie, che vadano elevandosi con dolce pendio, il fiume scorre sempre al piede del monte dirupato e verticale, seguendolo in tutte le sue volte, senza offender mai guari le opposte costiere placidamente inclinate [a].

[a] La osservazione è di Bouffon. Egli dice: *Dans tous les endroits, où il y a d'un côté de la riviere des montagnes, ou des collines fort rapides, et de l'autre côté des terres élevées en pente douce, on trouvera toujours que la riviere coule aux pieds de ces collines rapides etc.* Bouffon *Théorie de la terre.*

Finalmente si vede, che i lidi stessi del mare, dove non sieno fiancheggiati da rupi, e da scogli, ma si trovino aperti, e formati da semplici arene, e di sabbie, presentano ai flutti un piano dolcemente declive, e i flutti lo rispettano.

Seguendo dunque il miglior maestro di tutti, la natura, si può dedurre da ciò, che la figura del riparo la più opportuna per resistere alla violenza de' fiumi, sia quella, che presenta all'acque un dolce pendio.

Tende infatti mirabilmente codesta figura ad eludere, e render vani li tre modi formidabili di attacco, che adopra l'acqua contro i ripari, e che abbiamo di sopra riferiti.

Non potendo il fiume appoggiarsi in massa, e con tutto il corpo alla diga inclinata, ma dovendo, a misura che cresce, disseminarsi sopra le larghe pendici del lato declive, si divide e si rompe in guisa la sua forza, che non può più corrodere facilmente il fondo con l'energia concentrata di tutto il suo peso, nè può più battere fortemente un fianco, che in certo modo si ritira, e si schermisce dall'urto.

Si rende pure inefficace con ciò l'azione del vortice formato sulla diga inclinata, poichè o rimane poco profondo, o resta senza punta a guisa di cono tron-

cato, e perciò è incapace di offender molto la diga, come un'asta spezzata non può più fare profonda ferita.

Egli è appunto per tal cagione, che gl'idraulici più periti hanno sempre consigliata questa inclinazion del riparo, come si vedrà immantinente.

CAPO XI.

Continuazione della dottrina de' ripari.

Don Famiano, che fu tra i primi a parlar di buon senno dei ripari, sono già circa due secoli, era solito avvertire, che i suoi pignoni discendessero gradatamente a scarpa verso il fiume, e chiamavali per tal motivo anche scaglioni [a].

L'altro maestro de' ripari ancora più esperto e giudizioso, il Viviani, ricorda, ed inculca sopra tutto, di evitar la figura perpendicolare; ,, avvegnachè la ,, corrente (son queste le sue parole) urtando e scor- ,, rendo a piè di quel piombo, vi rimolina e scava, e ,, dopo aver portato via il terreno, che vi è sotto, ,, affonda, o si leva in capo, o scompone il riparo ,,.

E parlando delle steccate, che si usavano a que' tempi, non rifinisce mai di ripetere questa essenzialissima cautela, e non dubita di affermare, che in ciò consiste tutta l'arte, e il segreto de' ripari [b].

a Michel. *Della Direz. de' fiumi cap.* 24.

b Devono farsi non a piombo, ma con grandissima scarpa, attorno, e davanti, e qui sta tutto il mistero, e il segreto della stabilità del lavoro in acque correnti. Viviani. *Dis. sull' Arno ec.*

Non diverso è il sentimento del Grandi nel celebre suo Trattato del movimento delle acque [a].

Il Montanari aveva conosciuto eminentemente questa verità, e rintracciava il modo di poter piantare perfino i pali obbliquamente. Aveva poi costume di guernire i varj ordini delle sue palafitte, e le rive opposte alle correnti con tavolati a scarpa, onde così garantirle dalle corrosioni, e dalle punte de' vortici [b].

Con non minor persuasione lo Zendrini predica continuamente il dolce declivio de' ripari verso il fiume, confermando ciò, che aveva detto il Viviani, vale a dire, che in questo accorgimento è riposto tutto l'artifizio delle nostre idrauliche fortificazioni [c].

Questa stessa era pur l'avvertenza primaria, che inculcava il Lorgna nelle grandi opere intraprese per la rettificazione del Po al confluente della Trebbia sopra Piacenza [d]. Ciò viene infine, e per la solidità

a Grandi. *Movimento dell'acque cap.* 6 *prop.* 38 *e coroll.*

b Quest'armatura di tavole a scarpa alle rive opposte alla corrente è il più sicurò difensivo, che possa applicarsi. Montan. *Discor. sul Sile.*

c Consiste tutto il segreto di detti ripari nel ben annetterli all'argine, e nel dar loro una grande scarpa, il che quando sia effettuato, vengono impediti i vortici, e levate certamente le più pericolose corrosioni. Zendr. *Leggi e fen. cap.* 8 *n.* 12, e 43.

d Voleavi una operazione più robusta, e a scarpa, per allontanare la generazione de' vortici, che non mancano mai ne' ripari perpendicolari alla superficie dell'acqua corrente. Lorgna. *Relaz. sul taglio del Po* 1782.

degli argini, e per quella de' ripari, chiaramente dimostrato, e più volte ricordato nell'egregia Opera sua dal Venturoli [a]

Quindi le famose dighe dei littorali di Venezia furono costrutte con larghissimo piede, e con una discesa graduata, e poco sensibile, dal loro ciglio al mare.

Quelle non meno celebri dell'Olanda vennero pur conformate, dietro lunga esperienza, con li medesimi principj [b]. Gli argini della Mosa verso il mare hanno settanta piedi di base con dieci circa di altezza, e dalla parte delle Dune l'inclinazione è ancora più dolce, giungendo le dighe ad aver perfino trenta cinque pertiche di base con tre sole di elevazione.

Mossi certamente da questa stessa esperienza furono gli antichi cittadini di Cremona, allorchè stabilirono ne' loro municipali statuti, che gli argini del Po avessero per lo meno la base sestupla dell'altezza.

Sia dunque precipua cura del prudente architetto d'acque di fuggire il perpendicolo nella configurazione del suo riparo, di qualunque materia venga il medesimo composto. Perciocchè la materia non è sempre in nostro arbitrio, potendo spesso mancarci sul luogo quella, che sarebbe la più opportuna all'

a Venturoli. *Elem. di meccan. e d'idraul. tom.* 2 *lib.* 4 *cap.* 3 e 4.

b Van Bleiswik *Dissert. degli argini ec.*

uopo, e non consentire il bisogno urgente, o la enorme spesa, che si faccia venir di lontano; ma la figura dipende totalmente da noi, ed è sempre in nostro potere.

Se però dinanzi al riparo vi si costruisca una qualche opera, dirò così, avanzata, la quale impedisca l'azione formidabile dell'acqua sul fondo, allora non nuoce che sorga diritto il petto del riparo.

Con simile avvertenza ho io fatto costruir dighe anche perpendicolari, che resistono al furore di torrenti rapidissimi, e pressochè indomabili.

Sono esse composte di due parti, una orizzontale, l'altra verticale, ambedue fortemente connesse insieme, e facienti un corpo solo.

Forma la prima un largo molo perfettamente piano dalla parte dell'acqua, e in guisa basso, che non ecceda la superficie del fiume nel suo stato ordinario. La seconda, che forma il petto della diga, si erge perpendicolarmente sopra il molo fino all'altezza massima delle piene.

Nasce da questa configurazione, che ad ogni crescimento del fiume l'acqua salir debba sul molo, coprirlo, ed aggravarlo col suo peso.

Or questo appunto è ciò, che assoda, e garantisce il riparo. Perciocchè tenterebbe forse l'acqua coll'

impeto suo di rovesciarlo sulla schiena, e gettarlo a terra supino? Ella dovrebbe cominciare a vincere il proprio peso, e a sollevar per aria se stessa, il che è impossibile. Vorrebbe farlo cadere col capo innanzi, corrodendo il fondo, su cui giace, e scavandogli al piede un baratro per inghiottirlo, come abbiamo veduto esser suo insidioso costume? Il molo, su cui l'acqua decorre, rende vani li suoi sforzi, e le occulte frodi. Nulla può essa nuocere con l'azione obbliqua sul fondo, ch'è coperto e munito del molo: nulla col mezzo del vortice, che resta troncato e debole, o che non può intaccar con la punta la solidità del molo stesso: l'acqua insomma è in questa guisa disarmata, e resa impotente ad espugnare il riparo.

Ma senza siffatta precauzione di un molo, o contrammolo, è da fuggirsi sempre nelle dighe e ripari l'alzato perpendicolare, quando per un propizio azzardo, ch'è per altro rarissimo, non si potesse piantar la diga sopra uno scoglio, o simil base irremovibile.

Ma oltre la figura del corpo del riparo si rende necessaria del pari la connessione delle sue membra.

Egli è chiaro, che quando le parti di un corpo restino come isolate, ed indipendenti l'una dall'altra, con tanti centri di gravità, quante son esse di numero, si concepiranno da ognuna di loro direzioni, e

moti diversi, spesso divergenti, e sempre disordinati, per cui la loro debole ed apparente unione sarà ad ogni menomo urto distrutta. Tali sono quei mucchi di sabbie, che il vento disperde nei deserti; tali quei monticelli di polvere, che i fanciulli alzano sulla strada, credendo di arrestare una quadriga, che passa. Noi veggiamo con qual facilità un torrente distrugga un banco di rena, o di ciottoli, che non hanno alcun legame fra loro. All'oppósto, se di tutte queste parti, abbenchè minime ed innumerabili, si trovi il modo di comporre un corpo solido, e pesante, con una tendenza sola, con un solo centro di gravità, noi avremo invece di un renajo un muraglione, e invece di un mucchio di terra un riparo, che potrà opporre alla furia dell'acque una resistenza vigorosa.

Per questo appunto, dove mancano le grosse pietre, si fanno lì così detti cantoni di smalto, o di calcestruzzo: per questo si rinserrano le ghiaje in casse ben conteste e munite: per questo, se non v'abbia nemmen ghiaja, si formano gabbionate con terra rinchiusa, e calcata in forti tessuti di sermenti, e di vincigli: per questo ne' casi urgenti, e ne' sommi pericoli si ha perfino potuto far fronte all'assalto delle fiumane con gradinate di zolle, e con sacca ripiene di fango, o di sabbia: per questo insomma i ripari, o sieno essi pri-

smi, o piramidi mozze, o coni a larga base, o muraglioni, o speronate, o scaglioni, o pennelli, o moli di gabbioni, o palafitte, o steccate, o qualunque altra specie, che possa immaginarsi, tutti devono formare un corpo il più tenacemente e validamente congiunto, che sia possibile.

Egli è appunto a questo fine, che il Viviani, nel costruir le sue sassaje, suggerisce di mescolarvi per entro de' rami d'alberi con foglie, de' cespugli, degli spinaj, de' salici affastellati, e simili materie, onde possano arrestare le sabbie ed il limo negli interstizj delle pietre, e conglutinare in tal guisa le parti della sassaja.

Siccome però un fortuito e cieco ammasso di pietre, e d'altre materie lanciate nell'acqua alla rinfusa, come sono le sassaje, non può che assai di rado formare un tutto ben unito e composto, così, fuori di qualche caso urgente e straordinario, in cui l'istantaneo bisogno giustifica qualunque ripiego, purchè sia spedito, non consente la prudenza, che a questa sola e dubbia difesa sia commesso il destino di popolate ville, e di feconde campagne.

Resta ora ch'io faccia un cenno anche de' ripari vegetanti, che ci sono altresì dalla natura indicati.

Consistono questi nella piantagione di folti alberi, ed arbusti, che allignano volentieri sulle sponde de' fiumi, come sono i salici, gli ontani, le acacie, e simili piante, le quali col denso loro intralciamento, e con quello de' loro germogli, e rimessiticci, formano una specie di barriera, e di diga naturale, molto atta a reprimere l'impetuosità dell'acque.

Perciocchè le infinite resistenze, tuttochè minute, che vengono opposte da una selva di virgulti sottili e flessibili, sono quelle appunto, che smorzano a poco a poco l'impeto, e la rapidità del fiume, insegnandoci come solo col cedere dolcemente si possa mitigar l'ira de' forti.

Meravigliosa è la facoltà, che hanno gl'infiniti fili dell'erbe palustri, e le ciocche de' cespugli teneri e cedenti, per ritardare la velocità dell'acque [a].

Ora non v'è bisogno di molto studio, e fatica per coltivar queste dighe vegetanti. La natura tende a popolar da se medesima le rive de' fiumi di piante acquatiche, le di cui sementi discendono a seconda dell'acqua, come se fossero in barchette, ed appressandosi alle sponde, ov'è più placido il fiume, vi approdano, e vi si appigliano felicemente. Ivi trovando un soffice letto, che le accoglie, e un limo finis-

[a] Grandi. *Movim. dell'acque cap. 4 prop. 35.*

simo e molle, che le nutre, vi crescono rapidamente, ajutate anche dall'acqua, da quella gran vivandiera di tutte le piante, ma che prende però una cura speciale di questi figli esposti, ch'ella stessa raccoglie, ed alleva.

Così le sponde, le golene, le piaggie, si veggono da se medesime coprirsi di un infinito numero di arbusti, e piante fluviatili, che si moltiplicano con una vegetazione prodigiosa, e che presentano, come si è detto, con i loro pieghevoli virgulti mille dolci resistenze alla forza del fiume.

Le rive del Volga, del Tanai, dell'Orenoco, del Mississipì, e di tutti gli altri fiumi, dove gli uomini non hanno ancora potuto turbar la tendenza della natura, sono coperte d'immense boscaglie pressochè impenetrabili, che pongono un freno alle invasioni laterali di quelle grandi riviere.

Perciò non può essere che savia e prudente cosa l'imitare anche in ciò la natura, e il secondare il genio stesso dell'acqua, che ama, come si è detto, di essere nel suo corso, e lunghesso le sue sponde, fornita di piante fluviali. Si avranno così con poco dispendio dighe e ripari naturali, che invece di degradare, e d'indebolirsi col tempo, come avviene dei manofatti, si renderanno anzi sempre più fermi coll'abbarbicarsi delle loro radici, e coll'avviticchiarsi de' loro rami.

Non sempre però possiamo far uso di questa sorta di ripari verdeggianti. Per quanto sia pronta la loro vegetazione, pur v'è mestieri di qualche anno perchè acquistino la crescenza, e densità conveniente, non maturandosi mai dalla natura in un giorno, se non ciò, ch'è effimero, e tosto perisce.

Ora i pericoli sono spesso così estremi, e i mali così gravi, ed urgenti, che conviene sul fatto ad ogni costo ripararli. Tal è inoltre non di rado l'altezza, e la violenza de' fiumi nelle grandi escrescenze, che i soli ripari vegetanti, quand'anche ossero adulti, non potrebbero mai garantirci dal loro furore.

Le profonde escavazioni, che in tali terribili momenti sono causate dal vomere delle piene, massime se il filone si avventi contro la ripa, la fanno cadere, come si è veduto, a falda a falda ne' gorghi sottoposti, e con essa si rovesciano pure le piante sradicate.

Dunque ne' paesi fertili e popolati, dove non si possono sacrificare all'ira del fiume le abitazioni degli uomini, e i colti terreni, saranno sempre indispensabili ripari, e dighe costrutte con quelle avvertenze, ed industrie, che abbiamo di sopra indicate, senza per altro tralasciare nel tempo stesso di chiamar in ajuto, e come sussidiarie, anco le vegetanti, ogni volta, che le circostanze il permettano.

Ecco come, qualora si osservi bene la natura, e si seguano le sue indicazioni, la dottrina de' ripari, che pareva dover essere assai complicata e difficile, si riduce a molta semplicità, ed alla più comune intelligenza.

CAPO XII.

Epilogo, e conclusione della Prima Parte.

Si è veduto in questa Prima Parte, come proceda la natura per formare, e muovere i fiumi. Semplici e mirabili insieme sono i mezzi, e gli artifizj, di cui essa si serve.

Li vapori, che dalla immensa superficie de' mari, de' laghi, e delle terre, s'innalzano nell'aria, e che portati dai venti vanno poi sulle grandi catene delle montagne a condensarsi in pioggie, ed in nevi, danno causa ed origine ai fiumi. Minute stille, tenuissimi fili sono i loro principj; dall'aggregato di essi si compongono i rigagnoli, i ruscelli, i rivi, i torrenti, e così successivamente i fiumi, e le più vaste riviere.

Questa unione progressiva delle acque minori alle maggiori, che si osserva sempre, e dovunque, in tutte le parti del globo, dalle prime sorgenti de' fiumi sino alle foci, è una legge costante e provvidissima della natura, mercè la quale rimangono liberi, e sgombri dall'acque immensi continenti, che sarebbero altrimenti mortifere paludi, qualora la loro superficie fosse coperta dalla moltitudine di tante acque disperse, e stagnanti.

Non meno saggio ed accorto è il temperamento da essa preso di far muovere le acque sopra piani inclinati con tal proporzione e misura, che sia prossimamente la massa dell'acque in ragion inversa del pendio.

Se ciò non fosse, le poche acque per difetto d'impulso si arresterebbero ad ogni passo, e le molte per eccesso d'impeto concepirebbero una velocità, ed una forza distruggitrice. Ma così la ripida pendenza de' monti tende ad imprimere il movimento in quelle, che cominciano la loro carriera, e sono ancor deboli; e il soave declivio delle pianure giova a moderar la violenza di quelle, che già crebbero nel corso. e sono divenute possenti.

Che se son questi li modi, con cui la natura compone, e muove i fiumi, non rimangono già essi senza legge, quando sono formati, e mossi. Sarebbe ben presto turbato, ed intieramente sconvolto il loro corso, se una regola costante non lo dirigesse: qui il fiume rimarrebbe all'asciutto, se lasciasse passar più d'acqua, che non ne ricevesse, là si alzerebbe a dismisura. ed allagherebbe tutto all'intorno, se ne ricevesse più di quello, che tramandasse.

Ma una legge immutabile in ogni fiume provvede a questo disordine. L'acqua ha la proprietà di allun-

garsi, e d'assottigliarsi quanto cresce di moto, ed all'incontro di accorciarsi, e d'ingrandirsi, quanto scema di velocità, sicchè il vario corpo dell'acqua trovasi sempre in ragion reciproca della velocità rispettiva, onde ne segue, che i fiumi di corso già stabilito, benchè si muovono sopra piani variamente inclinati, e con velocità e corpo d'acqua quasi ad ogni passo differente, pure ne passi sempre in pari tempo una egual copia per ogni sezione, e si mantenga in tal guisa il corso regolare e permanente delle riviere.

Nè da questo tenor costante, ed uniforme, si dipartirebbero agevolmente i fiumi, se noi stessi non fossimo gli artéfici del loro disordine, e insieme delle nostre sciagure.

La natura tende ad impedire, o moderare le subitanee, ed esorbitanti escrescenze de' fiumi col mezzo delle folte boscaglie, e delle foreste, che popolano, e ricoprono le cime, e le coste delle montagne, e che trattengono le acque cadenti dal cielo con gl'infiniti ostacoli, che oppongono in tanti modi al loro rapido corso, non meno che coll'immenso corredo di tanti stromenti ed ordigni, di cui sono fornite le piante per attrarre e ritenere le acque, sicchè non possano mai queste rovesciarsi tutte unite, ed agglomerarsi

nelle valli, cagionando, come ora fanno, strabocchevoli, e spaventose fiumane.

Ma noi abbiamo turbato questi ordini della natura, ed ora ne portiamo la pena, sempre inseparabile dalla violazion delle sue leggi. Noi abbiamo abbattute, e sterpate le selve, noi dissodati i monti, e squarciati con quell'aratro, che non ci fu dato per essi; avarizia mal intesa ed incauta, che per aver uno in questo giorno, ci fa perder mille domani, e per raccorre poche spighe sui dorsi sterili e precipitosi delle montagne, ci fa sacrificar feconde campagne coperte di ricche messi, al furor de' torrenti, e de' fiumi. Se fossimo in una guerra intestina fra noi, abitatori del monte e del piano, io chieggo, se vi sarebbe più certa maniera, per distruggerci a vicenda, di questa, che tende a rendere i monti un orrido deserto, e le pianure un vasto padule.

Siccome però la natura, anche nelle malattie del corpo umano, che sono per lo più l'effetto della nostra sregolatezza e follia, non cessa di conservare un metodo, e di dar certi segni, che giova di conoscere per applicarvi il rimedio più conveniente; così nel presente sconcerto, e, per così dire, infermità de' nostri fiumi era necessario il notarne i sintomi e gli effetti, che l'accompagnano, e indagar la maniera più propria di porvi un qualche rimedio.

Il primo effetto è la enorme accumulazione delle ghiaje, delle arene, e delle bellette, che rialzando continuamente gli alvei de' torrenti, e de' fiumi, li costringono a cangiar di letto, e ad invadere ora questa, ed ora quella parte de' paesi, per cui passano.

Vero è, che questo effetto succede a grado a grado, e in un qualche periodo di tempo, perchè le materie, che sopraggiungono, si vanno accumulando per istrati, ma non sono perciò meno certi, meno palesi, e meno dannosi li cangiamenti, che ne seguono.

Più veemente, e più rapido è l'altro effetto del sovvertimento del fondo de' fiumi, e della demolizione degli argini, delle dighe, de' ripari, e delle più solide e dispendiose moli, che da noi si ergono sull'acque, e che con nostra infinita sorpresa sono spesso distrutte, e cancellate in guisa, che non resta vestigio, che dica: qui furono.

Nell'attuale indisciplina, e disordine de' nostri fiumi, nel tumulto, e nella sfrenata sopravvenienza delle loro piene, par che l'acqua sia divenuta più maligna, più violenta, ed anco più scaltra ed insidiosa; giacchè lavorando in segreto nel fondo del fiume, e a piè delle dighe, ora col valido aratro della fiumana sopra incombente, ora con la punta tremenda de' vortici, ora coll'alzarsi, e col ricadere dell'onda, che prece-

de, e dell'onda, che segue, cagiona profonde escavazioni, e voragini, che fanno traboccar capovolti, ed inghiottiscono i nostri ripari.

Nè men fatale e terribile, benchè non guari osservato, è l'effetto del ventre delle piene, tanto più smisurato ed enorme, quanto è più subitoso, e più rapido l'afflusso dell'acque, da cui ripeter principalmente si debbono le grandi e straordinarie inondazioni locali, che non possono esser arrestate nè da qualunque siasi altezza d'argini, nè dalle bocche de' diversivi, nè dalle stesse rotte, e squarciamenti delle ripe.

In tale stato e tenor di cose noi abbiamo veduto con quali regole, ed avvertenze, proceder si debba in tutte le nostre operazioni, che possono aver luogo sui fiumi. Queste avvertenze, e queste regole, furono dedotte dalle stesse indicazioni, ed additamenti della natura. Quale scorta esser potrebbe più sicura, e più fida?

Si tratta dunque, per esempio, di rettificare il corso de' fiumi? Si è veduto, che quanto ciò sarebbe improvvido e vano ne' rapidi torrenti, e ne' tronchi superiori, che corrono in ghiaja, altrettanto può esser utile ne' tronchi inferiori, dove le tortuosità, e li serpeggiamenti vie più scemano il moto dell'acque, già troppo infievolito dalla cessazion del pendio.

V'è questione di dar ricetto in un fiume reale ad un fiume minore, ovvero di separare, e diramare una gran riviera in molti letti, e canali? Esaminando la condotta della natura, e le sue provvide mire, si siamo assicurati, che nell'aggregar acque ad acque noi seguiamo le sue regole, e nel disgiungere fiumi da fiumi si opponiamo al suo esempio.

Similmente non possiamo ingannarci in qualunque altra operazione, quando si seguano le già indicate avvertenze, o si parli di erogazioni d'acque, o di pescaje e sostegni attraversanti il corso de' fiumi, o della erezione di ponti, di argini, di dighe, e di ripari, qualunque sia la loro denominazione, e la materia, di cui sono composti.

E se finalmente si tratti di più alto soggetto, quello cioè, di applicare un rimedio radicale al disordine de' nostri fiumi, le indicazioni della natura ci palesano il vero, il salutar provvedimento, che si renderebbe opportuno, e che non sarebbe nè di lunga, nè di malagevole esecuzione, quando fosse ben diretta.

Questo è, come ognuno ben vede, di ricoprir di selve le spalle, e le coste ignude e straziate de' nostri monti. Quando saranno repristinate le montagne ai loro naturali usi ed uffizj: quando saranno rimarginate le profonde piaghe, che noi abbiamo lor fatto

col ferro, e col fuoco: quando torneranno le piante a rassodarle con le loro radici, e ad ombreggiarle con le loro frondi: quando le pioggie vi troveranno mille stazioni, e ritegni, e invece di piombar tutte in un istante nelle valli, e nei letti dei fiumi, ne giungerà solo una parte gradatamente, e l'altra sarà trattenuta per nutrire le fonti perenni: quando le piene succederanno con un periodo, e con un afflusso più regolare ed uniforme, allora più facile, e più sicuro sarà il regolamento de' nostri fiumi: allora il reciproco interesse unirà insieme il monte, ed il piano: quello darà i legni d'alto fusto alle fabbriche, e ai navigli, li combustibili ai nostri focolari, e alle arti, il fresco ricovero, e il sano pascolo alle bestie negli ardori estivi, il formaggio, il burro, le lane: questo a vicenda gli somministrerà grani d'ogni sorta, maturi e salubri, vini, manifatture, ed accoglierà nel verno sulle sponde de' suoi fiumi, divenuti più docili e mansueti, li pastori, e le greggie montane, e così si vedrà ristabilito quel vincolo, e quell'armonico rapporto, ch'esser vi debbe fra la pastorale e l'agricoltura, dal quale appunto deriva la maggior ricchezza e prosperità di un paese principalmente agricola, com'è il nostro; ed ecco un altro anello di unione, che la scienza dell' acque, come fu detto a principio, ha con la politica Economia.

Se questi voti, che sono quelli di tutti, non hanno avuto effetto in addietro, ciò deve attribuirsi senza dubbio alle circostanze de' tempi, e alla debolezza de' Governi. Ma ora che le Alpi e gli Apennini, ora che il Po e tutti i fiumi italiani, dalle più alte vette de' monti insino al mare, non sentono altre leggi, nè altro influsso, che quello del gran Genio e Monarca, ch'è nato per le imprese segnalate ed immortali, noi abbiamo il più giusto motivo di sperare, che si effettueranno codeste benefiche disposizioni.

Ma è tempo ormai di porre un termine a questo primo Saggio, nel quale io mi sono proposto di esporre le sole massime e dottrine, che non possono ammettere una ragionevole dubitazione, come quelle, che si trovano conformi alle leggi, e alle provvide viste della natura, e che ci vengono raffermate da una lunga, e costante esperienza.

Molte altre cose però restano ancora nella scienza dell'acque da meglio conoscersi, nella ricerca delle quali si resero benemerite oltre l'italia anco le altre Nazioni, e segnatamente la Francese.

Nessuna fece più di essa onorevole accoglienza all' idraulica, nessuna si mostrò più ospitale e generosa.

Quattro de' più chiari idraulici italiani furono aggregati all' Accademia delle scienze, e videro in certo modo, ancora viventi, la loro apoteosi.

Uno di questi fu il Viviani, l'ultimo de' discepoli del Galileo, quell'indovino prodigioso delle sezioni coniche di Aristeo, e di Apollonio, ch'erano state solamente indicate da Pappo, il Viviani, dico, geometra, e naturalista del pari benemerito, e scrittore de' fiumi non meno elegante, che dotto e profondo.

L'altro fu il Guglielmini, medico, astronomo, ed idraulico illustre, giacchè i gran Genj non si contentarono mai d'una sola corona, chiamato dagli esteri, e da suoi, il Maestro de' fiumi, e scelto sempre per campion da combattere coi novatori, o cogli emoli, come facevasi ne' tornei, e nelle singolari tenzoni de' tempi passati, per decidere dell'onore, e della primazia. Basterebbe per lui questa sola gloria di essere giudicato l'Achille dell'idraulica.

Erede de' suoi principj, non meno che de' suoi titoli ed onori, fu il Manfredi, che seppe associar così bene alle scienze più gravi le grazie della poesia, e che in tutti gli affari de' fiumi, in tutte le grandi contestazioni fra i popoli d'Italia, fu per quarant' anni continui il consigliero, l'arbitro, e il legislatore.

Un altro seggio nel Panteon francese fu occupato, e certo non meno degnamente, dal Cassini, da quell' ingegno straordinario, che conosceva i cieli come la propria sua casa: che dalle orbite de' pianeti, e de'

loro satelliti discendeva spesso a calcolare con la stessa fiducia il corso de' torrenti, e de' fiumi: che visse tranquillo, perchè superior all'invidia, e morì cieco per aver discoperti li segreti degli Dei, come si disse di Tiresia, e come avvenne pur anche al gran Galileo. La Francia lo volle suo cittadino, e si pregia di possederne le ceneri.

Non fu certamente un lieve stimolo, nè un picciolo guiderdone per quegl'ingegni così cupidi di gloria, il vedere il proprio nome accanto a quello dei de la Hire, degli Hôpital, dei Vauban, dei Newton, dei Leibnitz, dei Bernoulli, e d'altri uomini famosi ed immortali, che formavano allora la gloria dell'Accademia delle scienze.

Egli è dunque per giustizia, e per riconoscenza insieme, ch'io farò conoscere nell'altro Saggio il merito distinto, che si acquistarono nella scienza dell'acque i Varignon, i Mariotte, i Pitot, i Bossut, i Belidor, i d'Alembert, ed altri illustri Francesi, come farò pur onorevole menzione dei più benemeriti scrittori delle altre nazioni.

Ivi è, che parlerò della Foronomia, ossia delle leggi dell'acqua effluente per i pertugi de' vasi: dell'applicazione di queste leggi, tentata dai grandi Autori, al corso dell'acque negli alvei de' fiumi: della

famosa teoria delle pressioni: dei tre non men celebri sistemi sulla proporzione della velocità con l'altezza dell'acque correnti: delle ipotesi sulla origine delle ghiaje: di quelle delle confluenze, e de' regurgiti: e di molte altre cose, le quali formano in certo modo la storia degl' idraulici studj.

Siccome però questo primo Saggio, che tratta dei principj, è indipendente dal secondo, che tratta delle opinioni, così credo di premettere la pubblicazione dell'uno, per poi eseguire in progresso anche quella dell'altro.

Forse più piacevole per la varietà delle cose potrà riuscir ciò che resta, ma quello, che or offro, è, come oso lusingarmi, più utile. D'altronde l'esame storico-critico delle varie ipotesi, e sistemi, che furono fin qui immaginati, non farà in ultima analisi che maggiormente rischiarare, e confermare le massime, e i principj, che abbiamo già di sopra veduto e considerato.